



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116348799 A

(43) 申请公布日 2023. 06. 27

(21) 申请号 202180072040.5

(22) 申请日 2021.11.23

(30) 优先权数据

63/122,573 2020.12.08 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.04.21

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2021/060478 2021.11.23

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/125305 EN 2022.06.16

(71) 申请人 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 马克·昂瑞斯

(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 郭仁建 林文雄

(51) Int.Cl.

G02B 17/06 (2006.01)

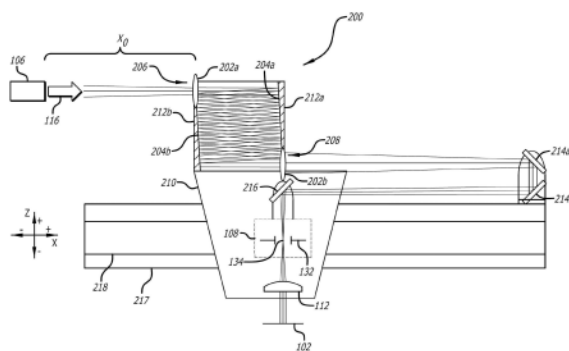
权利要求书3页 说明书19页 附图16页

(54) 发明名称

光学中继系统以及使用和制造方法

(57) 摘要

本发明揭示光学中继系统的大量具体实例。在一个具体实例中，一激光加工设备包括光学中继系统，该光学中继系统经组态以借由维持第一定位器与扫描透镜之间的激光能量光束的光学路径长度来校正光束置放误差。在另一具体实例中，该光学中继系统可包括第一透镜、第二透镜及配置于该第一透镜与该第二透镜之间的变焦透镜组装件，其中该变焦透镜组装件包括第一透镜群组及第二透镜群组。该变焦透镜组装件可相对于该第一透镜及该第二透镜移动（例如，安装于诸如运动载物台的定位器上）。该第一透镜群组中的这些透镜之间的距离及该第二透镜群组中的这些透镜之间的距离可为固定的或可变的。



1. 一种系统,其包含:
第一定位器,其经组态以使一激光能量光束围绕一枢轴点偏转;
扫描透镜,其可相对于该第一定位器移动;及
光学中继系统,其经组态以对应于该扫描透镜的移动而将该枢轴点中继至该扫描透镜。
2. 如权利要求1所述的系统,其中该第一定位器为选自由AOD系统及电流计镜系统组成的群组的至少一者。
3. 如权利要求1或2中任一项所述的系统,其中该扫描透镜可相对于该光学中继系统移动。
4. 如权利要求1至3中任一项所述的系统,其中该光学中继系统可相对于选自该扫描透镜及该第一定位器的至少一者移动。
5. 如权利要求1至4中任一项所述的系统,其中该光学中继系统包括:
光学输入;
第一反射器,其具有第一反射表面,其中该第一反射器经配置以接收自该第一定位器传播的该激光能量光束;
光学输出;及
第二反射器,其具有与该第一反射表面相对的第二反射表面,其中该第一反射表面及该第二反射表面经配置且经组态以将在该第一反射器处接收的该激光能量光束自该光学输入中继至该光学输出。
6. 如权利要求5所述的系统,其中该光学中继系统进一步包括:
第一透镜,其经配置且经组态以聚焦该光学中继系统内的该激光能量光束;及
第二透镜,其经配置且经组态以聚焦离开该光学中继系统的该激光能量光束,
其中该第一透镜及该第二透镜经组态以放大该激光能量光束。
7. 如权利要求6所述的系统,其中该第一透镜经组态以将该激光能量光束聚焦于与该第一反射表面及该第二反射表面分离的一点处。
8. 如权利要求5所述的系统,其进一步包含耦接至该光学中继系统的载物台,其中该载物台可操作以改变该光学中继系统相对于选自该扫描透镜及该第一定位器的至少一者或其组合的位置。
9. 如权利要求1至4中任一项所述的系统,其中该光学中继系统包括:
偏振光束分离器;及
延迟器,其经配置以与该偏振光束分离器光通信。
10. 如权利要求1至8中任一项所述的系统,其进一步包含配置于该光学中继系统与该扫描透镜之间的第二定位器。
11. 如权利要求10所述的系统,其中该第二定位器为选自由电流计、AOD系统、快速控制镜及旋转多边形镜组成的群组的至少一者。
12. 一种光学中继系统,其包含:
光学输入;
第一反射器,其具有第一反射表面,其中该第一反射器经配置以接收自该第一定位器传播的该激光能量光束;

光学输出;及

第二反射器,其具有与该第一反射表面相对的第二反射表面,其中该第一反射表面及该第二反射表面经配置且经组态以将在该第一反射器处接收的该激光能量光束自该光学输入中继至该光学输出。

13.如权利要求12所述的光学中继系统,其中该第一反射表面与该第二反射表面实质上彼此平行。

14.如权利要求13所述的光学中继系统,其中该第一反射表面与该第二反射表面彼此不平行。

15.如权利要求12所述的光学中继系统,其中该光学中继系统进一步包括:

第一透镜,其安装于该光学输入处;及

第二透镜,其安装于该光学输出处。

16.如权利要求1所述的系统,其中该第一定位器可相对于该光学中继系统移动。

17.如权利要求16所述的系统,其进一步包含耦接至该第一定位器的载物台,该载物台可操作以改变该第一定位器相对于该光学中继系统的位置。

18.如权利要求17所述的系统,其中该载物台为线性运动载物台。

19.如权利要求16所述的系统,其中该第一定位器为选自AOD系统及电流计镜系统组成的群组的至少一者。

20.一种光学中继系统,其包含:

第一透镜;

第二透镜;

变焦透镜组装件,其配置于该第一透镜与该第二透镜之间,其中该变焦透镜组装件包括第一透镜群组及第二透镜群组,且其中该第一透镜群组及该第二透镜群组中的每一者包括数个透镜。

21.如权利要求20所述的光学中继系统,其中该变焦透镜组装件可相对于该第一透镜及该第二透镜中的至少一者移动。

22.如权利要求21所述的光学中继系统,其中该变焦透镜组装件安装于第一定位器上。

23.如权利要求22所述的光学中继系统,其中该第一定位器为运动载物台。

24.如权利要求20所述的光学中继系统,其中该第一透镜及该第二透镜中的至少一者选自由正透镜、平面凸透镜、双凸透镜及正凹凸透镜组成的群组。

25.如权利要求20所述的光学中继系统,其中该第一透镜群组及该第二透镜群组为相对于该变焦透镜组装件的一横向中心线对称地配置的摄远双合透镜。

26.如权利要求20所述的光学中继系统,其中该第一透镜群组中的至少两个透镜之间的一距离及该第二透镜群组中的至少两个透镜之间的一距离为固定的。

27.如权利要求20所述的光学中继系统,其中该第一透镜群组中的至少两个透镜之间的一距离及该第二透镜群组中的至少两个透镜之间的一距离为可变的。

28.如权利要求27所述的光学中继系统,其中该第一透镜群组安装于第二定位器上,该第二定位器经组态以调整该第一透镜群组中的至少两个透镜之间的该距离。

29.如权利要求28所述的光学中继系统,其中该第二定位器为运动载物台。

30.如权利要求27所述的光学中继系统,其中该第二透镜群组安装于第三定位器上,该

第三定位器经组态以调整该第二透镜群组中的至少两个透镜之间的该距离。

31. 如权利要求30所述的光学中继系统,其中该第三定位器为运动载物台。

光学中继系统以及使用和制造方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请案主张2020年12月8日申请的美国临时申请案第63/122,573号的权益,其内容以全文引用的方式并入本文中。

技术领域

[0003] 本文中所描述的具体实例通常关于激光加工设备、光学中继系统、其组件及操作其的技术。

背景技术

[0004] 激光加工系统或设备用于广泛多种应用,包括印刷电路板(printed circuit board;PCB)机械加工、积层(additive)制造及类似者。许多激光加工系统包括用于将激光能量光束聚焦至工件上的扫描透镜及用于相对于一些待处理材料移动经聚焦激光能量光束的定位器。在一些激光加工系统中,扫描透镜可移动,而定位器保持静止,因此扫描透镜与定位器之间的光学路径长度可根据扫描透镜的移动而改变。光学路径长度中的改变可使得激光能量光束围绕位于扫描透镜的入射光瞳(在本文中亦被称作「扫描透镜入射光瞳」或更简单地被称作「SLEP」)外部的枢轴点旋转。SLEP外部的枢轴点的位置可引入远心误差,在工件处产生光束畸变,且在扫描透镜入射光瞳处引起非所要光束剪切。

发明内容

[0005] 本发明的一个具体实例可表征为一种激光加工设备,其包括:第一定位器,其经组态以使激光能量光束围绕枢轴点偏转;扫描透镜,其可相对于第一定位器移动;及光学中继系统,其经组态以对应于扫描透镜的移动而将枢轴点中继至扫描透镜,其中扫描透镜可相对于光学中继系统移动。第一定位器可提供为AOD系统或电流计镜系统。光学中继系统可相对于扫描透镜及/或第一定位器移动。光学中继系统可包括:光学输入;第一反射器,其具有第一反射表面,其中第一反射器经配置以接收自第一定位器传播的激光能量光束;光学输出;及第二反射器,其具有与第一反射表面相对的第二反射表面,其中第一反射表面及第二反射表面经配置且经组态以将在第一反射器处接收的激光能量光束自光学输入中继至光学输出。第一反射表面与第二反射表面可实质上彼此平行。第一透镜可安装于光学输入处;且第二透镜可安装于光学输出处。第一定位器(例如,AOD系统及电流计镜系统)可相对于光学中继系统移动,且线性运动载物台可耦接至第一定位器,其中载物台可操作以改变第一定位器相对于光学中继系统的位置。

[0006] 在另一具体实例中,光学中继系统可包括:第一透镜,其经配置且经组态以聚焦光学中继系统内的激光能量光束;及第二透镜,其经配置且经组态以聚焦离开光学中继系统的激光能量光束,其中第一透镜及第二透镜经组态以放大激光能量光束。第一透镜可经组态以将激光能量光束聚焦于与第一反射表面及第二反射表面分离的点处。载物台可耦接至光学中继系统,其中该载物台可操作以改变光学中继系统相对于扫描透镜、第一定位器或

其组合的位置。

[0007] 在另一具体实例中,激光加工设备可进一步包含配置于光学中继系统与扫描透镜之间的第二定位器,其中第二定位器可为电流计、AOD系统、快速控制镜或旋转多边形镜。

[0008] 在另一具体实例中,光学中继系统可包括:第一透镜;第二透镜;及变焦透镜组装件,其配置于第一透镜与第二透镜之间,其中变焦透镜组装件包括第一透镜群组及第二透镜群组,且其中第一透镜群组及第二透镜群组中的每一者包括数个透镜。第一透镜群组及第二透镜群组提供为相对于变焦透镜组装件的横向中心线对称地配置的摄远双合透镜。变焦透镜组装件可相对于第一透镜及第二透镜中的至少一者移动(例如,安装于第一定位器上,诸如运动载物台)。第一透镜及第二透镜可提供为正透镜、平面凸透镜、双凸透镜或正凹凸透镜或其任何组合。第一透镜群组中的透镜之间的距离及第二透镜群组中的透镜之间的距离可为固定的或可变的。第一透镜群组可安装于第二定位器(例如,运动载物台)上,该第二定位器经组态以调整第一透镜群组中的透镜之间的距离。第二透镜群组可安装于第三定位器(例如,运动载物台)上,该第三定位器经组态以调整第二透镜群组中的透镜之间的距离。

附图说明

[0009] 图1至图3为说明激光加工系统的各种空间状态的示意图。

[0010] 图4示意性地说明根据一个具体实例的激光加工设备。

[0011] 图5及图6展示根据一个具体实例的光学中继系统的不同位置状态。

[0012] 图7A及图7B展示光学中继系统的另一具体实例的不同位置状态。在图7A及图7B中,光学中继系统以横截面正视图展示。

[0013] 图8及图9展示光学中继系统的另一具体实例的不同位置状态。

[0014] 图10及图11展示光学中继系统的另一具体实例的不同位置状态。

[0015] 图12展示光学中继系统的另一具体实例的视图。

[0016] 图13A至图13C展示图12中所展示的光学中继系统的具体实例的不同位置状态。

具体实施方式

[0017] 本文中参考随附图式来描述实例具体实例。除非另外明确地陈述,否则在图式中,组件、特征、元件等的大小、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,相同数字通篇指相同元件。因此,可能在参考其他图式时描述相同或类似数字,即使这些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元件亦可参考其他图式加以描述。

[0018] 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,并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)具有所属领域中具通常知识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(a/an)」及「该(the)」意欲亦包括复数形式。应认识到,术语「包含(comprises/comprising)」在用于本说明书中时指定所陈述的特征、整体、步骤、操作、元件及/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、元件、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元件与另一元件。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。

[0019] 除非另外指示,否则术语「约」、「大约」等意谓量、大小、配方、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、量测误差及类似者,以及所属领域中具有知识者已知的其他因素。空间相对术语,诸如「下方」、「底下」、「下部」、「上方」及「上部」以及类似者可在本文中为易于描述而用以描述一个元件或特征与另一元件或特征的关系,如图式中所说明。应认识到,除图式中所描绘的位向外,空间相对术语意欲涵盖不同位向。举例而言,若图式中的物件翻转,则描述为「在其他元件或特征下方」或「在其他元件或特征底下」的元件将定向为「在其他元件或特征上方」。因此,例示性术语「下方」可涵盖上方及下方的位向两者。物件可以其他方式定向(例如,旋转90度或处于其他位向),且本文中所使用的空间相对描述词可相应地进行解译。

[0020] 本文中所使用的章节标题仅用于组织目的,且除非另外明确地陈述,否则这些章节标题不应被理解为限制所描述的标的物。将了解,许多不同形式、具体实例及组合系可能的,而不会背离本揭示的精神及教导,且因此本揭示不应被视为限于本文中所阐述的实例具体实例。确切而言,提供此等实例及具体实例,使得本公开将为透彻且完整的,且将向所属领域中具有知识者传达本发明的范围。

[0021] I. 概述

[0022] 图1至图3为说明激光加工系统的各种空间状态的示意图。参考图1,激光能量光束10已借由定位器12偏转且经由折叠镜16朝向扫描透镜14传播。尽管未说明,但典型地包括中继光学器件以将定位器12的枢轴点中继至扫描透镜14的入射光瞳18。如所展示,来自定位器12的光束的影像围绕扫描透镜14的入射光瞳18处的虚拟枢轴点20枢转,从而引起离开扫描透镜14的光线的可接受远心性。

[0023] 参考图2,图1中展示的扫描透镜14及折叠镜16已远离定位器12移动,从而增大定位器12与扫描透镜14之间的光学路径长度。延长光学路径长度使得虚拟枢轴点20远离入射光瞳18及扫描透镜14移动(例如,在此情况下,在折叠镜16的表面处或附近)。虚拟枢轴点20远离扫描透镜14的此移动引起离开扫描透镜14的光线的不良远心性,除其他问题外,其可引起工件处的光点位置中的位置误差。

[0024] 参考图3,图1中展示的扫描透镜14及折叠镜16已朝向定位器12移动,从而减小定位器12与扫描透镜14之间的光学路径长度。缩短光学路径长度引起虚拟枢轴点20远离入射光瞳18且朝向扫描透镜14移动(且在此情况下甚至超出扫描透镜14)。虚拟枢轴点20朝向扫描透镜14的此移动引起不良远心性,其可引起工件处的光点位置中的位置误差,如上文所论述。虚拟枢轴点20的此移动亦可引起入射光瞳18的非所要光束剪切,由此减小定位器12的有用偏转范围。

[0025] 图4示意性说明根据本发明的一个具体实例的激光加工设备。

[0026] 参考图4中所展示的具体实例,用于加工工件102的激光加工设备100(在本文中亦简单地被称作「设备」)可表征为包括用于产生激光能量光束的激光源104、一或多个定位器(例如,第一定位器106、第二定位器108、第三定位器110或其任何组合)及扫描透镜112。扫描透镜112及第二定位器108可整合至扫描头120中,在下文中进一步详细描述。

[0027] 沿着光束路径114传输通过扫描透镜112的激光能量沿着光束轴线118传播以便经递送至工件102。沿着光束轴线118传播的激光能量可表征为具有高斯类型空间强度剖面或非高斯类型(亦即,「经塑形」)空间强度剖面(例如,「顶帽型」空间强度剖面)。不管空间强度剖面的类型如何,空间强度剖面亦可表征为沿着光束轴线118(或光束路径114)传播的激光能量光束的形状(亦即,横截面形状,在本文中亦被称作「光点形状」),该形状可为圆形、椭圆形、正方形、矩形、三角形、六边形、环形等,或任意形状。如本文中所使用,术语「光点大小(spot size)」是指在光束轴线118与工件102的待由经递送激光能量光束至少部分地加工的区相交的位置处递送的激光能量光束的直径或最大空间宽度(亦被称作「制程光点(process spot)」,「光点位置(spot location)」,或更简单地被称作「光点(spot)」)。本文中出于论述的目的,将光点大小量测为自光束轴线118至光束轴线118处的光学强度下降至光学强度的至少 $1/e^2$ 的位置处的径向或横向距离。具体而言,激光能量光束的光点大小将在光束腰处达到最小值。一旦递送至工件102,光束内的激光能量可表征为以介于 $2\mu\text{m}$ 至 $200\mu\text{m}$ 范围内的光点大小照射工件102。然而,应了解,可使光点大小小于 $2\mu\text{m}$ 或大于 $200\mu\text{m}$ 。因此,递送至工件102的激光能量光束可具有大于、小于或等于 $2\mu\text{m}$ 、 $3\mu\text{m}$ 、 $5\mu\text{m}$ 、 $7\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ 、 $15\mu\text{m}$ 、 $30\mu\text{m}$ 、 $35\mu\text{m}$ 、 $40\mu\text{m}$ 、 $45\mu\text{m}$ 、 $50\mu\text{m}$ 、 $55\mu\text{m}$ 、 $80\mu\text{m}$ 、 $100\mu\text{m}$ 、 $150\mu\text{m}$ 、 $200\mu\text{m}$ 等或介于此等值中的任一者之间的光点大小。

[0028] 具体而言,前述定位器(例如,第一定位器106,第二定位器108及第三定位器110)经组态以改变光点与工件102之间的相对位置。鉴于以下描述,应认识到,包括第二定位器108为视情况选用的,其限制条件为设备100包括第一定位器106且视情况包括第三定位器110。同样地,应认识到,包括第三定位器110为视情况选用的,其限制条件为设备100包括第一定位器106且视情况包括第二定位器108。

[0029] 设备100亦可包括一或多个其他光学组件(例如,光束捕集器、光束扩展器、光束塑形器、光束分离器、孔径、滤光器、准直仪、透镜、镜、棱镜、偏振器、相位延迟器、绕射光学元件(在此项技术中通常被称为DOE)、折射光学元件(在此项技术中通常被称为ROE)或其类似者或其任何组合),以在激光能量光束沿着光束路径114传播时对该激光能量光束进行聚焦、扩展、准直、塑形、偏振、滤光、分离、组合、修剪(crop)、吸收或以其他方式修改、调节、引导等。在诸如光束扩展器、透镜、光束分离器、棱镜、二向色滤光器、窗、波板、DOE、ROE等光学组件由旨在传输输入射激光能量光束的块状透明材料(其可视情况涂布有一或多个抗反射涂层或类似者)形成的限度内,此类光学组件在本文中一般被称作「传输光学组件(transmissive optical component)」。如本文中所使用,定位器及其他光学组件的集合当一起装配至激光加工设备100中时可被视为构成「光束路径组装件(beam path assembly)」。

[0030] A. 激光源

[0031] 在一个具体实例中,激光源104可操作以产生激光脉冲。因而,激光源104可包括脉冲激光源、CW激光源、QCW激光源、突发模式激光或类似者或其任何组合。在激光源104包括QCW或CW激光源的情况下,激光源104可在脉冲模式中操作,或可在非脉冲模式中操作但进一步包括脉冲闸控单元(例如,声光(acousto-optic;AO)调变器(acousto-optic modulator;AOM)、光束斩波器等)以在时间上调变自QCW或CW激光源输出的激光辐射光束。尽管未说明,但设备100可视情况包括经组态以转换由激光源104输出的光波长的一或多个

谐波产生晶体(亦称为「波长转换晶体(wavelength conversion crystals)」)。然而,在另一具体实例中,激光源104可提供为QCW激光源或CW激光源且不包括脉冲闸控单元。因此,激光源104可广泛地表征为可操作以产生激光能量光束,该激光能量光束可体现为一系列激光脉冲或连续或准连续激光光束,该激光能量光束此后可沿着光束路径114传播。尽管本文中所论述的许多具体实例参考激光脉冲,但应认识到,每当适当或需要时,可替代地或另外采用连续或准连续光束。

[0032] 由激光源104输出的激光能量可具有在电磁波谱的紫外线(ultraviolet;UV)、可见光或红外线(infrared;IR)范围中的一或多个波长。电磁波谱的UV范围中的激光能量可具有介于10nm(或上下)至385nm(或上下)范围内的一或多个波长,诸如100nm、121nm、124nm、157nm、200nm、334nm、337nm、351nm、380nm等,或介于此等值中的任一者之间。电磁波谱的可见绿色范围中的激光能量可具有介于500nm(或上下)至560nm(或上下)范围内的一或多个波长,诸如511nm、515nm、530nm、532nm、543nm、568nm等,或介于此等值中的任一者之间。电磁波谱的IR范围中的激光能量可具有介于750nm(或上下)至15 μ m(或上下)范围内的一或多个波长,诸如600nm至1000nm、752.5nm、780nm至1060nm、799.3nm、980nm、1047nm、1053nm、1060nm、1064nm、1080nm、1090nm、1152nm、1150nm至1350nm、1540nm、2.6 μ m至4 μ m、4.8 μ m至8.3 μ m、9.4 μ m、10.6 μ m等,或介于此等值中的任一者之间。

[0033] 当激光能量光束表现为一系列激光脉冲时,由激光源104输出的激光脉冲可具有介于10fs至900ms范围内的脉冲宽度或脉冲持续时间(亦即,基于脉冲中的光学功率对时间的半高宽(full-width at half-maximum;FWHM))。然而,将了解,可使脉冲持续时间小于10fs或大于900ms。因此,由激光源104输出的至少一个激光脉冲可具有小于、大于或等于10fs、15fs、30fs、50fs、100fs、150fs、200fs、300fs、500fs、600fs、750fs、800fs、850fs、900fs、950fs、1ps、2ps、3ps、4ps、5ps、7ps、10ps、15ps、25ps、50ps、75ps、100ps、200ps、500ps、1ns、1.5ns、2ns、5ns、10ns、20ns、50ns、100ns、200ns、400ns、800ns、1000ns、2 μ s、5 μ s、10 μ s、15 μ s、20 μ s、25 μ s、30 μ s、40 μ s、50 μ s、100 μ s、300 μ s、500 μ s、900 μ s、1ms、2ms、5ms、10ms、20ms、50ms、100ms、300ms、500ms、900ms、1s等或介于此等值中的任一者之间的脉冲持续时间。

[0034] 由激光源104输出的激光脉冲可具有介于5mW至50kW范围内的平均功率。然而,应了解,可使平均功率小于5mW或大于50kW。因此,由激光源104输出的激光脉冲可具有小于、大于或等于5mW、10mW、15mW、20mW、25mW、50mW、75mW、100mW、300mW、500mW、800mW、1W、2W、3W、4W、5W、6W、7W、10W、15W、18W、25W、30W、50W、60W、100W、150W、200W、250W、500W、2kW、3kW、20kW、50kW等或介于此等值中的任一者之间的平均功率。

[0035] 激光脉冲可由激光源104以介于5kHz至5GHz范围内的脉冲重复率输出。然而,将了解,可使脉冲重复率小于5kHz或大于5GHz。因此,激光脉冲可由激光源104以小于、大于或等于5kHz、50kHz、100kHz、175kHz、225kHz、250kHz、275kHz、500kHz、800kHz、900kHz、1MHz、1.5MHz、1.8MHz、1.9MHz、2MHz、2.5MHz、3MHz、4MHz、5MHz、10MHz、20MHz、50MHz、60MHz、100MHz、150MHz、200MHz、250MHz、300MHz、350MHz、500MHz、550MHz、600MHz、900MHz、2GHz、10GHz等或介于此等值中的任一者之间的脉冲重复率输出。

[0036] 除波长、平均功率以及当激光能量光束表现为一系列激光脉冲时的脉冲持续时间及脉冲重复率之外,递送至工件102的激光能量光束的特征可在于诸如脉冲能量、峰值功率

等一或多个其他特性,这些特性可经选择(例如,视情况基于诸如波长、脉冲持续时间、平均功率及脉冲重复率等一或多个其他特性)而以足以加工工件102(例如,形成一或多个特征)的光学强度(以 W/cm^2 量测)、通量(以 J/cm^2 量测)等辐照制程光点处的工件102。

[0037] 激光源104的激光类型的实例可表征为气体激光(例如,二氧化碳激光、一氧化碳激光、准分子激光等)、固态激光(例如,Nd:YAG激光等)、棒状激光、纤维激光、光子晶体棒状/纤维激光、被动模式锁定的固态块状或纤维激光、染料激光、模式锁定的二极管激光、脉冲激光(例如,ms、ns、ps、fs脉冲激光)、CW激光、QCW激光或类似者或其任何组合。取决于这些激光的组态,气体激光(例如,二氧化碳激光等)可经组态以在一或多个模式中(例如,在CW模式、QCW模式、脉冲式模式或其任何组合中)操作。可提供为激光源104的激光源的特定实例包括一或多个激光源,诸如:由EOLITE制造的BOREAS、HEGOA、SIROCCO或CHINOOK系列激光;由PYROPHOTONICS制造的PYROFLEX系列激光;由COHERENT制造的PALADIN Advanced 355、DIAMOND系列(例如,DIAMOND E、G、J-2、J-3、J-5系列)、FLARE NX、MATRIX QS DPSS、MEPHISTO Q、AVIA LX、AVIA NX、RAPID NX、HYPERRAPID NX、RAPID、HELIOS、FIDELITY、MONACO、OPERA或RAPID FX系列激光;由SPECTRA PHYSICS制造的ASCEND、EXCELSIOR、EXPLORER、HIPPO、NAVIGATOR、QUANTA-RAY、QUASAR、SPIRIT、TALON或VGEN系列激光;由SYNRAD制造的PULSTAR或FIRESTAR系列激光;TRUFLOW系列激光(例如,TRUFLOW 2000、2600、3000、3200、3600、4000、5000、6000、6000、8000、10000、12000、15000、20000)、TRUCOAX系列激光(例如,TRUCOAX 1000)或TRUDISK、TRUPULSE、TRUDIODE、TRUFIBER或TRUMICRO系列激光,全部由TRUMPF制造;由IMRA AMERICA制造的FCPA μ JEWEL或FEMTOLITE系列激光;由AMPLITUDE SYSTEMES制造的TANGERINE及SATSUMA系列激光(及MIKAN及T-PULSE系列振荡器);由IPG PHOTONICS制造的CL、CLPF、CLPN、CLPNT、CLT、ELM、ELPF、ELPN、ELPP、ELR、ELS、FLPN、FLPNT、FLT、GLPF、GLPN、GLR、HLPN、HLPP、RFL、TLM、TLPN、TLR、ULPN、ULR、VLM、VLPN、YLM、YLPF、YLPN、YLPP、YLR、YLS、FLPM、FLPMT、DLM、BLM或DLR系列激光(例如,包括GPLN-100-M、GPLN-500-QCW、GPLN-500-M、GPLN-500-R、GPLN-2000-S等)或类似者或其任何组合。

[0038] B. 第一定位器

[0039] 第一定位器106配置、定位或以其他方式安置于光束路径114中且可操作以对由激光源104产生的激光脉冲进行绕射、反射、折射或类似者或其任何组合(亦即,以使激光脉冲「偏转」),以便偏转或赋予光束路径114(例如,相对于扫描透镜112)的移动且因此偏转或赋予光束轴线118相对于工件102的移动。具体而言,第一定位器106可操作以赋予光束轴线118相对于工件102沿着X轴(或方向)、Y轴(或方向)或其组合的移动。尽管未说明,但X轴(或X方向)应理解为指正交于所说明的Y及Z轴(或方向)的轴线(或方向)。

[0040] 具体而言,第一定位器106可提供为电流计镜系统、AO偏转器(AO deflector;AOD)系统、电光(electro-optic;EO)偏转器(EO deflector;EOD)系统、快速控制镜(fast-steering mirror;FSM)系统或类似者或其任何组合。AOD系统的AOD通常包括由诸如以下的材料形成的AO单元:结晶锗(Ge)、砷化镓(GaAs)、钼铅矿($PbMoO_4$)、二氧化碲(TeO_2)、结晶石英、玻璃态 SiO_2 、三硫化砷(As_2S_3)、铌酸锂($LiNbO_3$)或类似者或其任何组合。EOD系统的EOD通常包括由铌酸锂、钽铌酸钾等形成的EO单元。在AO单元及EO单元经组态以传输入射激光能量光束的限度内,AO及EO单元可被视为传输光学组件的类型。

[0041] C. 第二定位器

[0042] 第二定位器108安置于光束路径114中且可操作以对由激光源104产生且由第一定位器106传递的激光脉冲进行绕射、反射、折射或类似者或其任何组合(亦即,以使激光脉冲「偏转」),以便偏转或赋予光束路径114(例如,相对于扫描透镜112)的移动且因此偏转或赋予光束轴线118相对于工件102的移动。具体而言,第二定位器108可操作以赋予光束轴线118相对于工件102沿着X轴(或方向)、Y轴(或方向)或其组合的移动。

[0043] 鉴于以上内容,应了解,第二定位器108可提供为微机电系统(micro-electro-mechanical-system;MEMS)镜或镜阵列、AOD系统、电光偏转器(EOD)系统、快速控制镜(FSM)元件(例如,并有压电致动器、电致伸缩致动器、音圈致动器等)、电流计镜系统、谐振扫描镜系统、旋转多边形扫描仪,或类似者或其任何组合。

[0044] 在一个具体实例中,第二定位器108可提供为包括两个电流计镜组件的双轴电流计镜面系统,亦即,经配置以赋予光束轴线118相对于工件102沿着X轴的移动的第一电流计镜组件(例如,X轴电流计镜组件),及经配置以赋予光束轴线118相对于工件102沿着Y轴的移动的第二电流计镜组件(例如,Y轴电流计镜组件)。然而,在另一具体实例中,第二定位器108可提供为仅包括单个电流计镜组件的电流计镜系统,该单一电流计镜组件经配置以赋予光束轴线118相对于工件102沿着X及Y轴的移动。在另外其他具体实例中,第二定位器108可提供为旋转多边形镜系统等。因此应了解,取决于第二定位器108及第一定位器106的特定组态,第二定位频宽可大于或等于第一定位频宽。

[0045] D. 第三定位器

[0046] 在所说明的具体实例中,第三定位器110包括一或多个线性载物台(例如,每一者能够赋予工件102沿着X、Y及/或Z方向的平移移动)、一或多个旋转载物台(例如,每一者能够赋予工件102围绕平行于X、Y及/或Z方向的轴线的旋转移动)或类似者或其任何组合,这些旋转载物台经配置且经组态以赋予工件102与扫描透镜112之间的相对移动,且因此赋予工件102与光束轴线118之间的相对移动。根据本文所描述的具体实例,且尽管未说明,但第三定位器110包括经组态以且适于赋予扫描透镜112与第一定位器106之间的相对移动的一或多个载物台。

[0047] 鉴于本文中所描述的组态,应认识到,制程光点相对于工件102的移动(例如,如由第一定位器106及/或第二定位器108赋予)可与如由第三定位器110赋予的工件102或扫描透镜112的移动重叠。

[0048] 在所说明的具体实例中,第三定位器110可操作以移动工件102。然而,在另一具体实例中,第三定位器110经配置且可操作以移动扫描头120,且视情况,诸如第一定位器106及工件102的一或多个组件可保持静止。在又一具体实例中,第三定位器110可提供为所谓的「分离轴」定位系统,其中扫描透镜112及视情况存在的一或多个其他组件(诸如,第一定位器106及第二定位器108)由一或多个线性或旋转载物台承载(例如,安装于框、支架等上),且工件102由一或多个其他线性或旋转载物台承载。当提供为「分离轴」定位系统时,第三定位器110包括经配置且可操作以移动诸如扫描头120的一或多个组件的一或多个线性或旋转载物台及经配置且可操作以移动工件102的一或多个线性或旋转载物台。举例而言,第三定位器110可包括用于赋予工件102沿着Y方向的移动的Y载物台及用于赋予扫描头120沿着X方向的移动的X载物台。可有益地或有利地用于设备100中的分离轴定位系统的一些实例包括以下中所揭示所述的系统中的任一者:美国专利第5,751,585号、第5,798,927号、

第5,847,960号、第6,606,999号、第7,605,343号、第8,680,430号、第8,847,113号或美国专利申请公开案第2014/0083983号或其任何组合,其中的每一者以全文引用的方式并入本文中。

[0049] 在第三定位器110包括Z载物台的一个具体实例中,Z载物台可配置且经组态以沿着Z方向移动工件102;在此情况下,Z载物台可由用于移动或定位工件102的其他前述载物台中的一或多个者承载,可承载用于移动或定位工件102的其他前述载物台中的一或多个者或其任何组合。在第三定位器110包括Z载物台的另一具体实例中,Z载物台可配置且经组态以沿着Z方向移动扫描头;因此,在第三定位器110提供为分离载物台定位系统的情况下,Z载物台可承载X载物台或由X载物台承载。沿着Z方向移动工件102或扫描头可引起工件102处的光点大小的改变。

[0050] 在又一具体实例中,诸如第一定位器106、第二定位器108、扫描透镜112等的一个或多个组件可由铰接式多轴机器人臂(例如,2轴、3轴、4轴、5轴或6轴臂)承载。在此具体实例中,第二定位器108及/或扫描透镜112可视情况由机器人臂的末端执行器承载。在又一具体实例中,工件102可直接承载于铰接式多轴机器人臂的末端执行器上(亦即,不具有第三定位器110)。在再一具体实例中,第三定位器110可承载于铰接式多轴线机器人臂的末端执行器上。

[0051] E. 扫描透镜

[0052] 扫描透镜112(例如,提供为单透镜或复合透镜)通常经组态以聚焦沿着光束路径引导的激光能量光束,典型地以便产生可定位于所要制程光点处或附近的光束腰。扫描透镜112可提供为非远心f- θ 透镜(如所展示)、远心f- θ 透镜、轴锥透镜(在此情况下,产生一系列光束腰,从而得到沿着光束轴线118彼此移位的数个制程光点),或类似者或其任何组合。

[0053] 在一个具体实例中,扫描透镜112经提供作为固定焦距透镜,且耦接至可操作以移动扫描透镜112(例如,以便改变光束腰沿着光束轴线118的位置)的扫描透镜定位器(例如,透镜致动器,图中未示)。举例而言,透镜致动器可提供为可操作以使扫描透镜112沿着Z方向线性地平移的音圈(voice coil)。在此情况下,透镜致动器在此处可被视为前述第三定位器110的组件。另外,固定焦距透镜可由诸如以下的材料形成:熔融硅石、光学玻璃、硒化锌、硫化锌、锗、砷化镓、氟化镁等。在另一具体实例中,扫描透镜112提供为可变焦距透镜(例如,变焦透镜或所谓的「液体透镜」,并有当前由COGNEX、VARIOPTIC等提供的技术),该可变焦距透镜能够致动(例如,经由透镜致动器)以改变光束轴线118沿着光束腰的位置。改变光束腰沿着光束轴线118的位置可引起工件102处的光点大小的改变。

[0054] 如上文所描述,在一个具体实例中,扫描透镜112及第二定位器108整合于共同扫描头120中。因此,在设备100包括透镜致动器的具体实例中,透镜致动器可耦接至扫描透镜112(例如,以便实现扫描透镜112相对于第二定位器108在扫描头120内的移动)。替代地,透镜致动器可耦接至扫描头120且可操作以实现扫描头自身的移动,在此情况下,扫描透镜112及第二定位器108将一起移动)。在任一情况下,透镜致动器在此处可被视为前述第三定位器110的组件。在另一具体实例中,扫描透镜112及第二定位器108整合至不同外壳中(例如,使得整合有扫描透镜112的外壳可相对于整合有第二定位器108的外壳移动)。

[0055] F. 控制器

[0056] 一般而言,设备100包括一或多个控制器,诸如控制器122,以控制或促进控制设备

100的操作。在一个具体实例中,控制器122(例如,经由一或多个有线或无线、串列或并列的通信链路,诸如USB、RS-232、以太网、火线(Firewire)、Wi-Fi、RFID、NFC、蓝牙、Li-Fi、SERCOS、MARCO、EtherCAT,或类似者或其任何组合)以通信方式耦接至设备100的一或多个组件,诸如激光源104、第一定位器106、第二定位器108、第三定位器110、透镜致动器、扫描透镜112(当提供为可变焦距透镜时)、夹具等,该一或多个组件因此可回应于由控制器122输出的一或多个控制信号而操作。

[0057] 举例而言,控制器122可控制第一定位器106、第二定位器108或第三定位器110或其任何组合的操作,以赋予光束轴线与工件之间的相对移动,以便引起制程光点与工件102之间沿着工件102内的路径或轨迹(在本文中亦被称作「制程轨迹(process trajectory)」)的相对移动。将了解,可控制此等定位器中的任两者或此等定位器中的全部三者,使得两个定位器(例如,第一定位器106及第二定位器108、第一定位器106及第三定位器110,或第二定位器108及第三定位器110)或全部三个定位器同时赋予制程光点与工件102之间的相对移动(从而赋予光束轴线与工件之间的「复合相对移动(compound relative movement)」)。当然,在任何时间,有可能仅控制一个定位器(例如,第一定位器106、第二定位器108或第三定位器110)以赋予制程光点与工件102之间的相对移动(从而赋予光束轴线与工件之间的「非复合相对移动(non-compound relative movement)」)。

[0058] 可控制前述组件中的一或多者以执行的操作的一些其他实例包括任何操作、功能、制程及方法等,如在前述美国专利第5,751,585号、5,847,960号、6,606,999号、8,680,430号、8,847,113号中所揭示,或如在美国专利第4,912,487号、第5,633,747号、第5,638,267号、第5,917,300号、第6,314,463号、第6,430,465号、第6,600,600号、第6,606,998号、第6,816,294号、第6,947,454号、第7,019,891号、第7,027,199号、第7,133,182号、第7,133,186号、第7,133,187号、第7,133,188号、第7,244,906号、第7,245,412号、第7,259,354号、第7,611,745号、第7,834,293号、第8,026,158号、第8,076,605号、第8,288,679号、第8,404,998号、第8,497,450号、第8,648,277号、第8,896,909号、第8,928,853号、第9,259,802号中所揭示,或在美国专利申请公开案第2014/0026351号、第2014/0196140号、第2014/0263201号、第2014/0263212号、第2014/0263223号、第2014/0312013号中所揭示,或在德国专利第DE102013201968B4号中所揭示,或在国际专利公开案第W02009/087392号中所揭示,其中的每一者以全文引用的方式并入本文中。在另一实例中,控制器122可控制包括一或多个AOD的任何定位器(例如,在一些具体实例中,第一定位器106、第二定位器108或其组合)的操作以改变递送至制程光点的激光能量光束的光点形状或光点大小(例如,借由啁啾(chirping)施加至一或多个AOD的一或多个超音波换能器元件的RF信号,借由将经光谱塑形的RF信号施加至一或多个AOD的一或多个超音波换能器元件,或类似者或其任何组合),如例如国际专利公开案第W02017/044646A1号中所揭示,其以全文引用的方式并入本文中。所施加的RF信号可以任何所要或适合方式线性地或非线性地啁啾。举例而言,所施加的RF信号可以第一速率且接着以第二速率啁啾,以使激光能量光束绕射,从而以两种不同方式运送A0单元。在此情况下,第一速率可比第二速率慢或快。

[0059] 一般而言,控制器122包括可操作以在执行指令后产生前述控制信号的一或多个处理器。处理器可经提供为可操作以执行指令的可程式处理器(例如,包括一或多个通用电脑处理器、微处理器、数字信号处理器或类似者或其任何组合)。可由处理器执行的指令

可实施为软件、固件等,或为任何适合形式的电路系统,包括可编程式逻辑装置(programmable logic device;PLD)、场可编程式门阵列(field-programmable gate array;FPGA)、场可编程式物件阵列(field-programmable object array;FPOA)、特殊应用集成电路(application-specific integrated circuit;ASIC)(包括数字、模拟及混合模拟/数字电路系统),或类似者或其任何组合。指令的执行可在一个处理器上执行、分配在处理器中、跨装置内的处理器或跨装置的网络并行地进行,或类似者或其任何组合。

[0060] 在一个具体实例中,控制器122包括诸如电脑存储器的有形媒体,其可由处理器存取(例如,经由一或多个有线或无线通信链路)。如本文中所使用,「电脑存储器」包括磁性媒体(例如,磁带、硬式磁盘机等)、光盘、挥发性或非挥发性半导体存储器(例如,RAM、ROM、反及型快闪存储器、反或型快闪存储器、SONOS存储器等)等,且可本端、远端(例如,跨网络)或以其组合方式存取。具体而言,指令可储存为可易于由技术人员根据本文中所提供的描述授权的电脑软件(例如,可执行码、文件、指令等,库文件等),其例如以C、C++、Visual Basic、Java、Python、Tel、Perl、Scheme、Ruby、组合语言、硬件描述语言(例如,VHDL、VERILOG等)等编写。电脑软件通常储存于由电脑存储器传送的一或多个资料结构中。

[0061] 尽管图中未示,但一或多个驱动器(例如,RF驱动器、伺服驱动器、线驱动器、电源等)可以通信方式耦接至一或多个组件的输入以用于控制此等组件,该一或多个组件诸如激光源104、第一定位器106、第二定位器108、第三定位器110、透镜致动器、扫描透镜112(当提供为可变焦距透镜时)、夹具等。因此,诸如激光源104、第一定位器106、第二定位器108、第三定位器110、透镜致动器、扫描透镜112(当提供为可变焦距透镜时)、夹具等的一或多个组件可被视为亦包括任何适合驱动器,如此项技术中已知。此等驱动器中的每一者典型地包括以通信方式耦接至控制器122的输入,且控制器122可操作以产生一或多个控制信号(例如,触发信号等),该一或多个控制信号可传输至与设备100的一或多个组件相关联的一或多个驱动器的输入。诸如激光源104、第一定位器106、第二定位器108、第三定位器110、透镜致动器、扫描透镜112(当提供为可变焦距透镜时)、夹具等的组件因此回应于由控制器122产生的控制信号。

[0062] 尽管图中未示,但一或多个额外控制器(例如,组件特定控制器)可视情况以通信方式耦接至驱动器的输入,该输入以通信方式耦接至诸如激光源104、第一定位器106、第二定位器108、第三定位器110、透镜致动器、扫描透镜112(当提供为可变焦距透镜时)、夹具等的组件(且因此与该组件相关联)。在此具体实例中,每一组件特定控制器可以通信方式耦接至控制器122且可操作以回应于自控制器122接收的一或多个控制信号而产生一或多个控制信号(例如,触发信号等),该一或多个控制信号可接着传输至控制器以通信方式耦接至的驱动器的输入。在此具体实例中,组件特定控制器可以与相对于控制器122所描述的方式类似的方式操作。

[0063] 在提供一或多个组件特定控制器的另一具体实例中,与一个组件(例如,激光源104)相关联的组件特定控制器可以通信方式耦接至与一个组件(例如,第一定位器106等)相关联的组件特定控制器。在此具体实例中,组件特定控制器中的一或多个者可操作以回应于自一或多个其他组件特定控制器接收的一或多个控制信号而产生一或多个控制信号(例如,触发信号等)。

[0064] II. 解决枢轴点相对于SLEP的错位的具体实例

[0065] 如上文所描述的构造,第三定位器110的一或多个组件实现扫描透镜112相对于第一定位器106的移动。因此,扫描透镜112与第一定位器106之间的光学路径长度为可变的。以下为可用于补偿扫描透镜112相对于第一定位器106的移动以确保沿着光束路径114传播的激光能量光束围绕位于扫描透镜112的入射光瞳处或至少非常接近该入射光瞳的枢轴点旋转的例示性具体实例的论述。

[0066] A. 具体实例1:致动器驱动的第一定位器

[0067] 图5及图6展示致动器驱动的第一定位器106的具体实例。如图5中所展示,第一定位器106耦接至致动器150(例如,线性运动载物台),且固定中继光学器件126在第一定位器106与扫描透镜112之间的位置处配置于光束路径114内。在扫描透镜112耦接至第三定位器110的一或多个致动器(例如,耦接至可操作以沿着X、Y及/或Z方向中的任一者移动扫描透镜112的一或多个线性致动器)的具体实例中,致动器150并非第三定位器110的一部分。然而,致动器150经配置且可操作以使第一定位器106在对应于如由第三定位器110赋予的扫描透镜112的移动方向的方向上移动。如将了解,致动器150可操作(例如,回应于由控制器122输出的一或多个命令)以移动第一定位器106,以便在扫描透镜112移动(例如,如图6中所展示)时维持第一定位器106与扫描透镜112的入射光瞳132之间的恒定(或至少实质上恒定)光学路径长度。维持光学路径长度确保激光能量光束116在被引导朝向工件102时具有可接受的远心性。尽管图6展示朝向固定中继光学器件126移动的扫描透镜112,但应了解,扫描透镜112可远离固定中继光学器件126移动,因此致动器150可朝向固定中继光学器件126移动第一定位器106,以便维持第一定位器106与入射光瞳132之间的恒定光学路径长度。

[0068] 在操作期间,致动器150可使第一定位器106移动等于或不同于扫描透镜112移动所横跨的距离的量。举例而言,在一个具体实例中,固定中继光学器件126具有等于(或至少实质上等于)1的放大率M,使得第一定位器106必须沿着光束路径远离固定中继光学器件126移动以将枢轴点134重新定位于入射光瞳132的中心处的距离等于(或至少实质上等于)枢轴点134沿光束路径移动的距离。在另一实例具体实例中,固定中继光学器件126具有大于1的放大率M,使得第一定位器106必须沿着光束路径远离固定中继光学器件126移动以将枢轴点134重新定位于入射光瞳132的中心处的距离小于枢轴点134沿着光束路径移动的距离。举例而言,在一个具体实例中,固定中继光学器件126可具有等于(或至少实质上等于)2的放大率M,因此,若扫描透镜112沿着光束路径114朝向固定中继光学器件126移动100mm,则致动器150仅需要沿着光束路径114移动第一定位器10625mm的距离(亦即, $100\text{mm}/M^2=25\text{mm}$)。应了解,固定中继光学器件126的放大率可以任何其他所要或有益的方式调整。

[0069] 图5及图6说明致动器150沿着不同于扫描透镜112可移动的方向的方向移动第一定位器106的组态。然而,应了解,致动器150可沿着一方向或任何其他方向移动第一定位器106,其限制条件为例如一或多个镜配置于光束路径内以将光束路径114自第一定位器106充分中继至扫描透镜112。

[0070] B. 具体实例2:可移动光学中继系统

[0071] 如上文所论述,光学中继系统可操作以将第一定位器106的影像定位于扫描透镜112的入射光瞳132处,从而使沿着光束路径114传播的激光能量光束116围绕位于扫描透镜112的入射光瞳132处或至少非常接近该入射光瞳的枢轴点134旋转。扫描透镜112相对于第

一定位器106(或第二定位器108)的移动可引起第一定位器106的影像远离入射光瞳132的错位。在一个具体实例中,光学中继系统200可与扫描透镜112的移动同步地移动,从而维持枢轴点134在入射光瞳132处的位置,从而使得激光能量光束116在被引导朝向工件102时具有可接受的远心性。

[0072] 图7A及7B展示可移动光学中继系统的具体实例的两个空间状态,该可移动光学中继系统包括:光学中继200,其经配置以与第一定位器106光通信且安装于第三定位器110的组件(例如,如所说明,可操作以沿着X轴移动光学中继200的线性载物台218)上;及数个镜(例如,镜214a、214b及216)。光学中继200安装至托架210,托架210继而可由线性载物台218移动(例如,回应于由控制器122输出的一或多个命令)。同样地,镜216、第二定位器108及扫描透镜112与光学中继200一起安装于线性载物台218的托架210上。线性载物台218可安装至结构217,诸如激光加工设备100的框架或支架。在另一具体实例中,光学中继200可安装至辅助载物台(图中未示)而非载物台218。在使用期间,辅助载物台可对应于由线性载物台218赋予至第二定位器108及扫描透镜112的运动而定位光学中继200。镜214a及214b(例如,折叠镜)安装至结构217。因此,线性载物台218可相对于第一定位器106及镜214a及214b移动第二定位器108及扫描透镜112以及光学中继200及镜216。如所说明,镜214a、214b及216经配置以将光学中继200置放成与扫描透镜112光通信。

[0073] 光学中继200进一步包括光学输入206、光学输出208、具有第一反射表面204a的第一反射器212a及具有第二反射表面204b的第二反射器212b。光学中继200进一步包括安装于光学输入206中的第一透镜202a及安装于光学输出208中的第二透镜202b。

[0074] 在所说明的具体实例中,第一反射表面204a与第二反射表面204b彼此平行(或至少实质上彼此平行)。应了解,第一反射表面204a与第二反射表面204b可不彼此平行。基于上文所描述的构造,激光能量光束116经由第一透镜202a进入光学输入206,且入射于其于此处反射至第二反射表面204b的第一反射表面204a上。激光能量光束116在反射表面204a、204b之间来回反射多次,直至其经由光学输出208离开光学中继200为止。反射表面204a与204b之间的光学路径的折叠使得光学中继200能够足够紧凑以安装至托架210。在经由第二透镜202b离开光学输出208的后,激光能量光束116传播至镜214a。激光能量光束116自镜214a反射至镜面214b,在该镜214b处,激光能量光束接着反射至经配置以将激光能量光束116反射至扫描透镜112(例如,经由第二定位器108)的镜216。在所说明的具体实例中,第二定位器108提供为双轴电流计镜系统,且扫描透镜112的入射光瞳132位于其X及Y轴电流计镜组件之间。在设备100的某些操作条件下,激光能量光束116的功率足够高以在直接聚焦于反射表面204a及204b上的情况下引起对其的损坏。为了避免此情形,在所说明的具体实例中,第一透镜202a经组态以将激光能量光束116聚焦于第一反射表面204a与第二反射表面204b之间的一点处(例如,标称地为反射表面204a与204b之间的半途),从而减小表面204a及204b处的激光通量足以避免对其的损坏。

[0075] 具体而言,光学中继200可经组态以将放大率赋予至激光能量光束116,以便补偿因光学路径折叠成2个或更多个支路所引起的光学路径长度的改变(例如,视设备100的组态而定),以便保持枢轴点134位于扫描透镜入射光瞳132处或附近。

[0076] 在一实例具体实例中,参考图7A,光学输入206位于距第一定位器106距离 X_0 处。如图7B中所展示,光学输入206经重新定位成距第一定位器106距离 X_1 ,其已移动 $D=X_1-X_0$ 的距

离(例如,在线性载物台218的操作后)。当光学中继200在+X方向上移动时,光学输出208与扫描透镜112之间的距离改变2倍,因为激光能量光束116由镜214a及214b折叠成两个支路。因而,效应为第一定位器106的影像已远离扫描透镜112移动距离 $2*D$,从而潜在地使中继枢轴点134移出入射光瞳132,此将引起引导至工件102的光束中的远心误差。为了考量此情形,在此具体实例中,透镜202a及202b可将 $M=\sqrt{2}=1.414$ 的横向放大率赋予至激光能量光束116,使得离开光学输出208的光束的宽度为进入光学输入206的光束的宽度的1.414倍。所得纵向放大率为 $M^2=2$,使得中继枢轴点134移动 $2*D$ 的距离,从而当扫描透镜112及光学中继200借由线性载物台218移动时,在入射光瞳132处维持中继枢轴点134的位置以及激光能量光束116的光束大小。

[0077] 在另一实例具体实例中,光径可折叠成三个支路,使得当光学输入206重新定位至距第一定位器106距离 X_1 时,其已移动 $D=X_1-X_0$ 的距离(例如,在线性载物台218的操作后)。当光学中继200在+X方向上移动时,光学输出208与扫描透镜112之间的距离将改变3倍,因为激光能量光束116折叠成三个支路。因而,效应为第一定位器106的影像已远离扫描透镜112移动距离 $3*D$ 。为了考量此情形,在此具体实例中,透镜202a及202b可将 $M=\sqrt{3}=1.732$ 的横向放大率赋予至激光能量光束116,使得离开光学输出208的光束的宽度为进入光学输入206的光束的宽度的1.732倍。所得纵向放大率为 $M^2=3$,使得中继枢轴点134移动 $3*D$ 的距离,从而当扫描透镜112及光学中继200借由线性载物台218移动时,在入射光瞳132处维持中继枢轴点134的位置以及激光能量光束116的光束大小。应了解,在设备100的其他可能配置中,中继200之间的光学路径可折叠为超过三个支路,且透镜202a及202b可经组态以将适当放大率赋予至激光能量光束116,以补偿此且将枢轴点134维持在入射光瞳132处或附近。

[0078] 尽管第二定位器108在图7A及图7B中说明为与入射光瞳132重叠,但应了解,第二定位器108可替代地定位以免与入射光瞳132重叠。举例而言,图7A及7B中所展示的镜216可用第二定位器108代替。

[0079] C.具体实例3:具有复归反射器的光学延迟线

[0080] 图8及图9展示经提供为并有复归反射器的光学延迟线(诸如光学延迟线300)的光学中继系统的位置状态。光学延迟线300自第一定位器106接收激光能量光束116且经由折叠镜130将其中继至扫描透镜112。应了解,折叠镜130为视情况选用的,且若激光加工设备100的一或多个其他组件(例如,第一定位器106、第二定位器108、扫描透镜112、光学延迟线300或类似者或其任何组合)的位向经修改以确保激光能量光束116自第一定位器106传播至扫描透镜112,则可省略。激光能量光束116由此经引导至扫描透镜112的入射光瞳132处或附近的中继枢轴点134。

[0081] 具体而言,光学延迟线300包括运动系统308(例如,线性载物台)、复归反射器310、中继反射器320及延迟线主体302。运动系统308、复归反射器310及中继反射器320安装于延迟线主体302上,且复归反射器310可借由运动系统308相对于中继反射器320移动。在一个具体实例中,光学延迟线300安装于激光加工设备100内以便在位置上相对于第一定位器106固定,且扫描透镜112可相对于光学延迟线300移动。在另一具体实例中,光学延迟线300可相对于第一定位器106移动,且可在位置上相对于扫描透镜112固定。举例而言,光学延迟线300可耦接至第三定位器110的一或多个致动器(例如,耦接至可操作以沿着X、Y及/或Z方

向中的任一者移动扫描透镜112的一或多个线性致动器)。在另一具体实例中,光学延迟线300可相对于第一定位器106及扫描透镜112移动。

[0082] 在所说明的具体实例中,复归反射器310为包括通常正交于彼此定向的第一反射表面314、第二反射表面316及第三反射表面318的角形反射器(亦称为直角棱镜)。在另一具体实例中,复归反射器310无需具有第三反射表面318。在其他具体实例中,复归反射器310亦可提供为一对镜或球面复归反射器。所属领域中具通常知识者应了解,任何多种复归反射器可用于光学延迟线300中。在所说明的具体实例中,当复归反射器310具备三个反射表面314、316及318时,传播至复归反射器310的光束及自复归反射器310传播的光束保持平行,而不管光束至复归反射器310的反射表面的位向如何。

[0083] 中继反射器320经组态以将激光能量光束116反射至复归反射器310且将自复归反射器310返回的激光能量光束反射至扫描透镜112。在所说明的具体实例中,中继器反射器320包括附接至中继器反射器主体322或形成于中继器反射器主体322上的第一反射表面324及第二反射表面326。在所说明的具体实例中,第一反射表面324及第二反射表面326彼此正交地定向。在另一具体实例中,第一反射表面324及第二反射表面326可不彼此正交地定向。在另一具体实例中,中继反射器320可提供为安装至中继反射器主体322的两个镜。应了解,任何多种光学器件或光学表面可安装至中继反射器主体322或形成于中继反射器主体322上。

[0084] 在扫描透镜112可相对于光学延迟线300移动(例如,光学延迟线300安装于激光加工设备100内,以便在位置上相对于第一定位器106固定)的具体实例中,当扫描透镜112相对于第一定位器106(例如,在+X方向上)移动时,复归反射器310相对于中继反射器320(例如,在-Z方向上)移动。因此,维持扫描透镜112与第一定位器106之间的光学路径长度,使得当扫描透镜112移动时,激光能量光束116的枢轴点134保持位于扫描透镜112的入射光瞳132处或附近。举例而言,参考图8及图9,在使用期间,扫描透镜112在+X方向上自相对于光学延迟线300的距离 X_0 (如8图所展示)移动至相对于延迟线300的距离 X_1 (如图9中所展示),改变为 $\Delta X = X_1 - X_0$ 。与扫描透镜112的移动同步,复归反射器310在-Z方向上自相对于中继反射器320的距离 Z_0 (如图8中所展示)移动至相对于中继反射器320的距离 Z_1 (如图9中所展示),位置的改变为 $\Delta Z = Z_0 - Z_1$ 。在此具体实例中, $\Delta X \approx 2 \Delta Z$ 。由于光学路径在Z方向上由光学延迟线300折叠成两个支路,因此当 $\Delta X \approx 2 \Delta Z$ 时,保持自第一定位器106至扫描透镜112的原始光学路径长度。

[0085] 在光学延迟线300可相对于第一定位器106移动(例如,借由扫描透镜112)或自身可相对于扫描透镜112移动的具体实例中,当光学延迟线300相对于第一定位器106(或相对于扫描透镜112)(例如,在+X方向上)移动时,复归反射器310可相对于中继反射器320(例如,在-Z方向上)移动。因此,维持扫描透镜112与第一定位器106之间的光学路径长度,使得当扫描透镜112移动时,激光能量光束116的枢轴点134保持位于扫描透镜112的入射光瞳132处或附近。举例而言,参考图8及图9,在使用期间,光学延迟线300在+X方向上自相对于第一定位器106的距离 X_2 移动至相对于第一定位器106的距离 X_3 ,改变为 $\Delta X = X_3 - X_2$ 。与光学延迟线300在+X方向上的移动同步,复归反射器310在-Z方向上自相对于中继反射器320的距离 Z_0 (如图8中所展示)移动至相对于中继反射器320的距离 Z_1 (如图9中所展示),位置的改变为 $\Delta Z = Z_0 - Z_1$ 。在此具体实例中, $\Delta X \approx 2 \Delta Z$ 。由于光学路径在Z方向上由光学延迟线300折

叠成两个支路,因此当 $\Delta X \approx 2 \Delta Z$ 时,保持自第一定位器106至扫描透镜112的原始光学路径长度。

[0086] 应了解,光学延迟线300可经组态以将第一定位器106与扫描透镜112之间的光学路径折叠成任何数目个支路,且因而可提供 ΔX 与 ΔZ 之间的任何比率。举例而言,光学延迟线300可包括两个子延迟线(图中未示),各自将光学路径折叠两次,以使得 $\Delta X = 4 \Delta Z$ 的比率将保持光学路径长度。此外,可提供任何数目个光学中继线或子系统以按任何多个所要或有益方式保持光学路径长度。

[0087] 尽管第二定位器108在图8及图9中说明为与入射光瞳132重叠(例如,如上文相对于图7A及图7B所论述),但应了解,第二定位器108可替代地定位以免与入射光瞳132重叠。举例而言,折叠镜130可用第二定位器108代替。在操作期间,以与上文所描述的具体实例类似的方式,可沿着X方向扫描第二定位器108及扫描透镜112,且可借由使复归反射器310相对于中继器反射器320同步地移动而保持光学路径长度。

[0088] 应了解,X、Y或Z方向任意地用于此具体实例的描述中。举例而言,光学延迟线300可经定向以使得复归反射器310与中继反射器320之间的位置改变亦在X方向上。复归反射器310与中继反射器320之间的距离改变之绝对值(且对应地,光学延迟线300与扫描透镜112之间的距离改变的绝对值)为引起光学路径长度守恒的原因。此对于下文描述的其他具体实例亦成立。

[0089] D. 具体实例4:具有偏振光束分离器的光学延迟线

[0090] 图10及图11展示经提供为并有偏振光束分离器的光学延迟线(诸如光学延迟线400)的光学中继系统的位置状态。光学延迟线400自第一定位器106接收激光能量光束116且经由折叠镜130将其中继至扫描透镜112。在此具体实例中,最初传输至光学延迟线400的激光能量光束116经线性偏振。应了解,折叠镜130为视情况选用的,且若激光加工设备100的一或多个其他组件(例如,第一定位器106、第二定位器108、扫描透镜112、光学延迟线400或类似者或其任何组合)的位向经修改以确保激光能量光束116自第一定位器106传播至扫描透镜112,则可省略。激光能量光束116由此经引导至扫描透镜112的入射光瞳132处或附近的中继枢轴点134。

[0091] 具体而言,光学延迟线400包括偏振光束分离器430、延迟器412、反射器410、运动系统408(例如,线性载物台)及延迟线主体402。偏振光束分离器430、延迟器412(例如,四分之一波板)及运动系统408安装于延迟线主体402上,且反射器410可借由运动系统408移动。光学延迟线400可安装于激光加工设备100内以便在位置上相对于第一定位器106及扫描透镜112固定,或可相对于第一定位器106及/或扫描透镜112移动(例如,如上文相对于光学延迟线300所论述)。

[0092] 延迟器412配置于偏振光束分离器430与反射器410之间,且经组态以更改传输通过其的激光能量光束的偏振(例如,自线性偏振更改为圆形偏振,或反之亦然)。反射器410经配置且经组态以将入射激光能量光束116反射回至偏振光束分离器430。因此,自偏振光束分离器430传播的激光能量光束116的偏振在延迟器412处自线性偏振转换成圆偏振,且自反射器410传播的激光能量光束116的偏振在延迟器412处自圆偏振转换成线性偏振。然而,在此情况下,反射回至偏振光束分离器430(亦即,自延迟器412)的激光能量光束116的偏振方向相对于自偏振光束分离器430传播(亦即,至延迟器412)的激光能量光束116的偏

振方向旋转90度。因此,反射回至偏振光束分离器430的激光能量光束116系由偏振光束分离器430反射至扫描透镜112(例如,经由折叠镜130)。

[0093] 反射器410安装于附接至延迟线主体402的运动系统408上,该延迟线主体经组态以改变反射器410相对于偏振光束分离器430的位置。视情况,偏振光束分离器430可安装于运动系统408上,使得偏振光束分离器430的位置相对于反射器410改变。

[0094] 在扫描透镜112可相对于光学延迟线400移动(例如,光学延迟线400安装于激光加工设备100内,以便在位置上相对于第一定位器106固定)的具体实例中,当扫描透镜112相对于第一定位器106(例如,在+X方向上)移动时,反射器410相对于偏振光束分离器430(例如,在+Z方向上)移动。因此,维持扫描透镜112与第一定位器106之间的光学路径长度,使得当扫描透镜112移动时,激光能量光束的枢轴点134保持位于扫描透镜112的入射光瞳132处或附近。举例而言,参考图10及图11,在使用期间,扫描透镜112在+X方向上自相对于光学延迟线400的距离 X_0 (如10图中所展示)移动至相对于延迟线400的距离 X_1 (如图11中所展示),改变为 $\Delta X = X_1 - X_0$ 。与扫描透镜112的移动同步,反射器410在+Z方向上自相对于偏振光束分离器430的距离 Z_0 (如图10中所展示)移动至相对于偏振光束分离器430的距离 Z_1 (如图11中所展示),位置的改变为 $\Delta Z = Z_0 - Z_1$ 。在此具体实例中, $\Delta X \approx 2 \Delta Z$ 。由于光学路径在Z方向上由光学延迟线400折叠成两个支路,因此当 $\Delta X \approx 2 \Delta Z$ 时,保持自第一定位器106至扫描透镜112的原始光学路径长度。

[0095] 应了解,光学延迟线400可经组态以将第一定位器106与扫描透镜112之间的光学路径折叠成任何数目个支路(例如,以提供 ΔX 与 ΔZ 之间的任何比率)。举例而言,光学延迟线400可包括两个子延迟线(图中未示),各自将光学路径折叠成两个支路,以使得 $\Delta X = 4 \Delta Z$ 的比率将保持光学路径长度。可提供任何数目个光学中继系统或子系统以按任何多个所要或有益方式保持光学路径长度。

[0096] 在上文所论述的具体实例中,反射器410提供为零相移反射器。然而,在另一具体实例中,反射器410可提供为反射相位延迟器,诸如经组态以在将激光能量光束116反射回至偏振光束分离器430后旋转激光能量光束116的偏振方向的半波反射相位延迟器。在此状况下,不需要延迟器412。若激光能量光束在电磁波谱的UV、中波长红外线或长波长红外线范围中,则可能需要使用半波片反射相位延迟器。

[0097] 尽管第二定位器108在图10及图11中说明为与入射光瞳132重叠(例如,如上文相对于图7A及图7B所论述),但应了解,第二定位器108可替代地定位以免与入射光瞳132重叠。举例而言,折叠镜130可用第二定位器108代替。在操作期间,以类似于上文所描述的具体实例的方式,可在X方向上扫描第二定位器108及扫描透镜112,且可借由相对于偏振光束分离器430同步地移动反射器410来保持光学路径长度。

[0098] E. 具体实例5: 变焦光学中继系统

[0099] 如上文所论述,光学中继系统的一些具体实例可具有固定放大率,该固定放大率可操作以在工件的表面处达成目标光点大小,同时确保沿着光束路径114传播的激光能量光束116围绕位于扫描透镜112的入射光瞳132处或非常接近该入射光瞳132的枢轴点134旋转。然而,根据其他具体实例,可提供光学中继系统,这些光学中继系统可操作以将光束的枢轴点134中继至扫描透镜112的入射光瞳132且改变激光能量光束的放大率(例如,以调整或维持工件102处的激光光点大小)。以下为能够改变放大率、准直光束输出及恒定枢轴点

位置的此光学中继系统的例示性具体实例的论述。此光学中继系统可以光学方式置放于系统中的定位器中的一或多个者下游(例如,在第一定位器106或第二定位器108的后)。

[0100] 图12展示经组态以将第一定位器106(或第二定位器108)的影像(焦平面)中继至扫描透镜112的入射光瞳132的光学中继系统500的实例具体实例。在此具体实例中,光学中继系统500的位置相对于第一定位器106(或第二定位器108)及扫描透镜112固定。视情况,如下文所描述,光学中继系统500(或其组件)的位置可相对于第一定位器106、第二定位器108及/或扫描透镜112调整。

[0101] 如所展示,中继系统500可包括第一透镜502、变焦透镜组装件510及第二透镜506。可操作以限制进入变焦透镜组装件510的光(例如,以允许绕射阶分离,或另外限制由第一定位器106绕射的激光能量光束116(及其边缘光线116')或由第二定位器108反射的激光能量光束116的角度范围)的孔径504可定位于第一透镜502与变焦透镜组装件510之间。在所说明的具体实例中,变焦透镜组装件510位于第一透镜502与第二透镜506之间。尽管透镜502及506在图12中展示为双凸透镜,但视设备100的操作要求而定,可使用多种正透镜(例如,平面凸透镜、正凹凸透镜、正消色差透镜、非球面透镜及类似者,或以双合透镜、三合透镜或其任何组合配置)。

[0102] 在此具体实例中,变焦透镜组装件510包括第一透镜群组516及第二透镜群组522。第一透镜群组516与第二透镜群组522分离固定距离C。第一透镜群组516包括第一透镜512及第二透镜514,且第二透镜群组522包括第一透镜518及第二透镜520。在图12中所展示的具体实例中,第一透镜群组516及第二透镜群组522可提供为相对于变焦透镜组装件510的横向中心线530对称地配置的摄远双合透镜。在此具体实例中,在第一透镜群组516中,第一透镜512为平凹透镜且第二透镜514为双凸透镜,且透镜512及514分离距离A。在第二透镜群组中,透镜518为双凸透镜且第二透镜520为平凹透镜,且透镜518及520分离距离B且相对于第一透镜群组516的平凹透镜512及双凸透镜514以镜像对称地配置。距离A可借由所属领域中已知的任何合适或所要方式来调整(在本文中亦被称作「第一透镜群组516的调整」)。同样地,距离B可借由所属领域中已知的任何合适或所要方式来调整(在本文中亦被称作「第二透镜群组522的调整」)。

[0103] 为了调整光学中继系统500的放大率(在本文中亦被称作「放大率设定点」),以便设定或调整激光能量光束116的激光光点大小,可设定或调整光学中继系统500内的变焦透镜组装件510的位置。变焦透镜组装件510的位置可手动设定(例如,由设备100的制造商、由设备100的使用者或其他操作员、由负责开发用于加工工件102的制程或配方的应用工程师或技术员或类似者或其任何组合),且接着将其固定在适当位置。在另一具体实例中,变焦透镜组装件510可安装于第一定位器524(例如线性载物台、音圈、光学座架等)上,该第一定位器524可操作以改变光学中继系统500内的变焦透镜组装件510的位置(例如,回应于来自控制器122的一或多个命令)。

[0104] 类似于光学中继系统500内的变焦透镜组装件510的位置的调整,第一透镜群组516及第二透镜群组522的调整可手动地或借由将第一透镜群组516及第二透镜群组522分别安装于第二定位器526及第三定位器528上来进行。在此具体实例中,当设定光学中继系统500的放大率设定点时,可能需要调整第一透镜群组516及第二透镜群组522以实现第一透镜群组516与第二透镜群组522之间的激光能量光束116的准直,从而在透镜群组516与

522之间产生枢轴点。此外,可能需要调整第一透镜群组516及第二透镜群组522以在第二透镜506之后实现激光能量光束116的准直,从而将枢轴点134定位于扫描透镜入射光瞳132处。亦可视需要进行第一透镜群组516及第二透镜群组522的调整以调整整个光学中继系统500的有效焦距,从而将枢轴点134的位置维持在扫描透镜入射光瞳132处或接近扫描透镜入射光瞳132。第一透镜群组516及第二透镜群组522的调整可与光学中继系统500内的变焦透镜组装件510的位置的调整同步地或依序地(以任何次序)进行,或借由迭代过程进行。

[0105] 视设备100的光学效能要求而定,可使用变焦透镜组合件510的替代具体实例。举例而言,在一个替代具体实例中,第一透镜群组516与第二透镜群组522之间的间距C亦可为可调整的而非固定的。在另一具体实例中,第一透镜群组516及第二透镜群组522可包括正透镜(例如,平面凸透镜、正凹凸透镜、正消色差透镜、非球面透镜及类似者,以双合透镜、三合透镜或其任何组合配置)与负透镜(例如,双凹透镜、平凹透镜、负凹凸透镜、负消色差透镜及类似者,以双合透镜、三合透镜或其任何组合配置)的以任何次序或间距的各种组合。

[0106] 如上文所描述,当调整光学中继系统500的放大率设定点(例如,以调整或维持工件102处的激光光点大小)时,可能需要调整第一透镜群组516及第二透镜群组522。图13A至图13C展示光学中继系统500的各种位置状态,其表明放大率设定点的改变对激光光点大小及枢轴点134的位置的影响的实例,以及第一透镜群组516及第二透镜群组522的调整如何可以调整枢轴点134的位置。

[0107] 图13A展示光学中继系统500,其定位于第一定位器106(或第二定位器108)与扫描透镜112之间,使得当扫描激光能量光束116(例如,如由第一定位器106绕射或由第二定位器108反射)时,枢轴点134位于扫描透镜112的入射光瞳132处或附近。如所展示,光学中继系统500包括定位于第一透镜502与第二透镜506之间的变焦透镜组装件510。第一透镜群组516的透镜分离距离A,且第二透镜群组522的透镜分离距离B。在此具体实例中,第一透镜群组516与第二透镜群组522之间的距离C固定。具有直径 D_0 的激光光点532经展示为在第一定位器106下方(例如,在第一定位器106的影像平面处)。具有直径 D_1 的激光光点532'(例如,如由光学中继系统500放大)展示于入射光瞳132下方。在此位置状态中,设定光学中继系统500的放大率设定点,使得激光光点532经历自 D_0 的直径(例如,30 μm)至 $D_1 = 1.414 * D_0 = 42\mu\text{m}$ 的直径的M(例如,1.414)倍的横向放大率。

[0108] 图13B展示当光学中继系统500的放大率设定点已借由朝向第一透镜502移动变焦透镜组装件510(例如,借由图12中所展示的第一定位器524的致动)来调整时,图13A中所展示的位置状态的改变的实例。在此实例中,放大率设定点M自1.414改变为1.50,从而使得激光光点532的直径 D_0 (例如,30 μm)经历横向放大率至 $D_2 = 1.50 * D_0 = 45\mu\text{m}$ 。放大率设定点中的此改变使得第一定位器106的影像平面的纵向放大率改变,从而引起枢轴点134与入射光瞳132的错位。

[0109] 图13C展示图13B中所展示的光学中继系统500的位置状态的改变的实例。如所展示,第一透镜群组516的间距A(例如,借由图12中所展示的第二定位器526的致动)调整为间距A',且第二透镜群组522(例如,借由图12中所展示的第三定位器528的致动)的间距B调整为间距B'。此等调整引起纵向放大率的改变以将枢轴点134重新定位于入射光瞳132处,同时将激光光点532"的横向放大率维持在45 μm 。

[0110] III. 结论

[0111] 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。尽管已参考图式描述几个特定具体实例及实例,所属领域中具知识者将易于了解,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。相应地,所有此等修改意欲包括于如申请专利范围中所界定的本发明的范围内。举例而言,所属领域中具有通常知识者应了解,任何句子、段落、实例或具体实例的主题可与其他句子、段落、实例或具体实例中的一些或全部的主题组合,除非此等组合彼此互斥。本发明的范围因此应由以下申请专利范围判定,且申请专利范围的等效物包括于本发明的范围中。

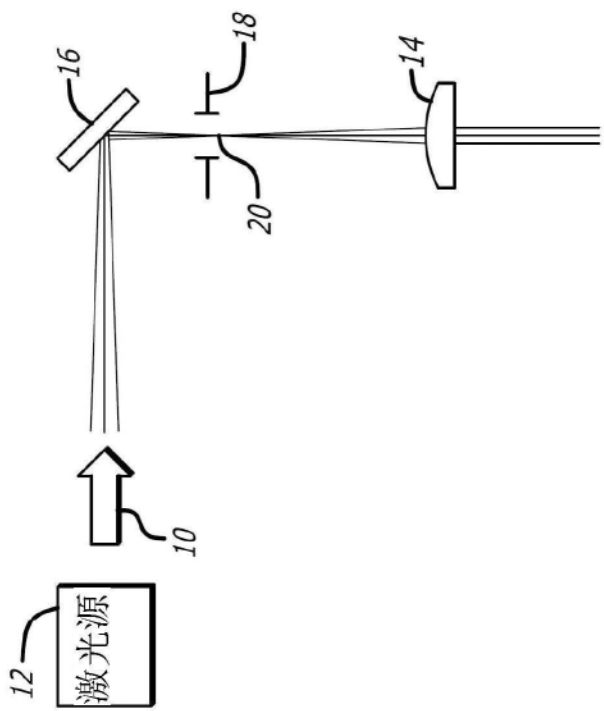


图1

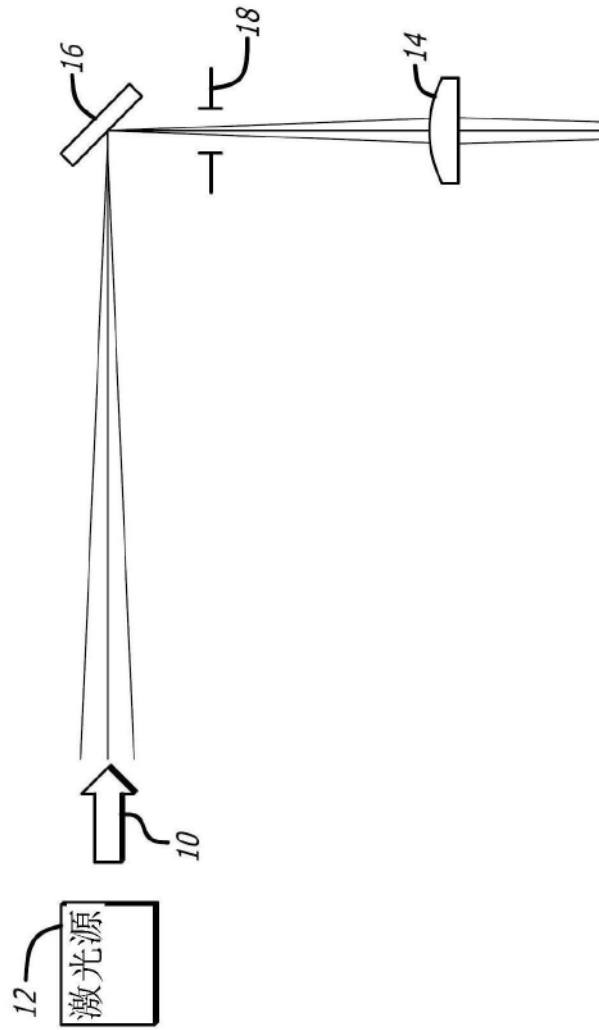


图2

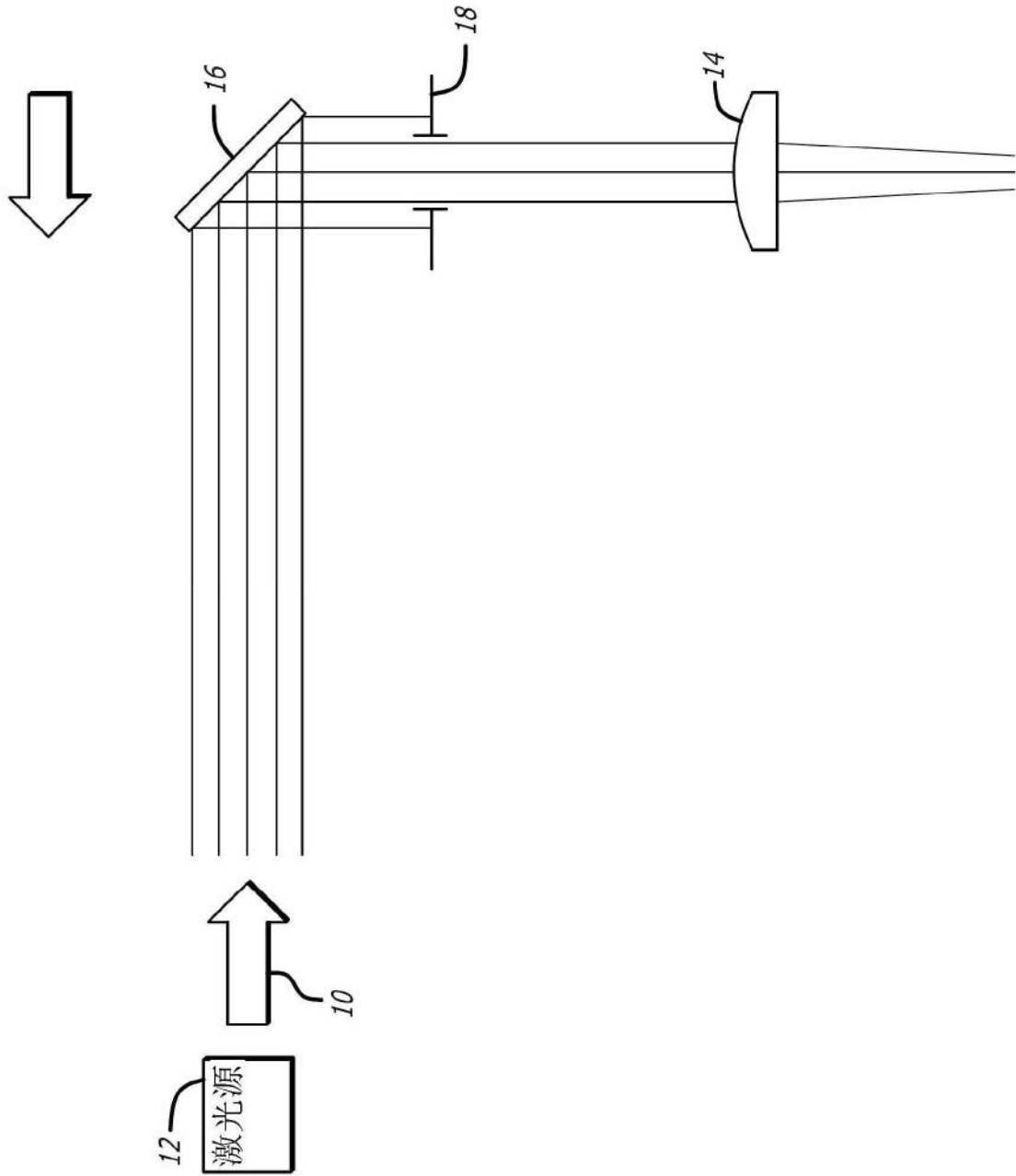


图3

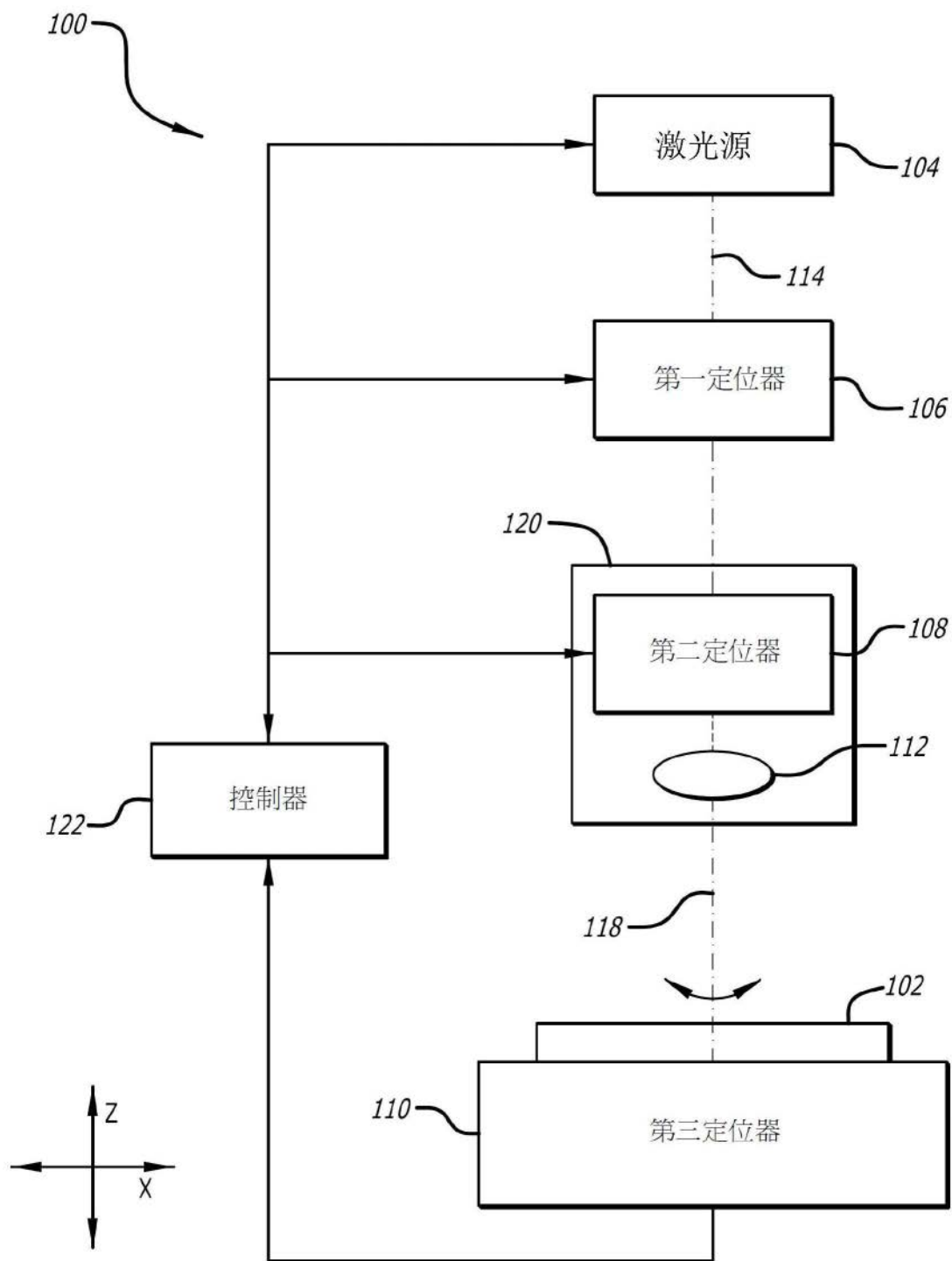


图4

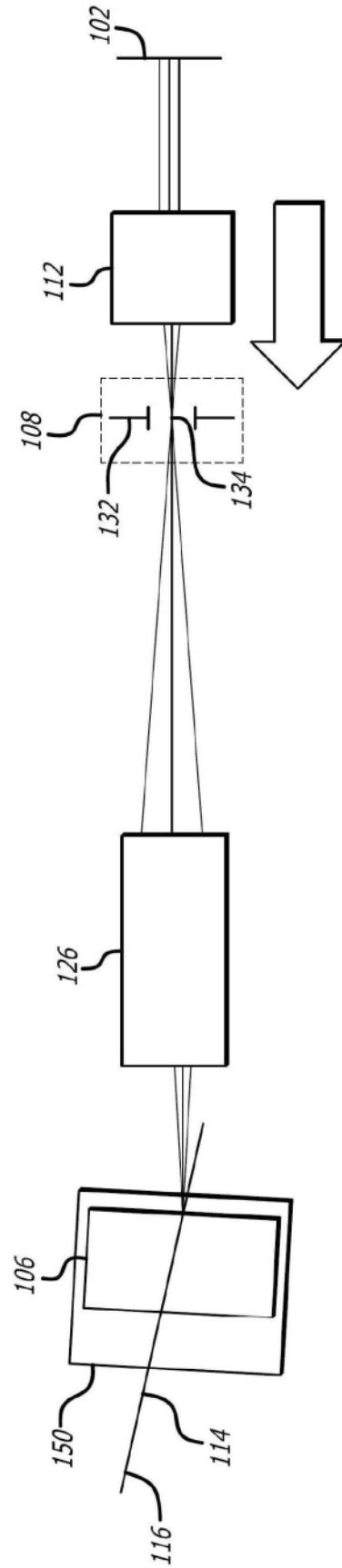


图5

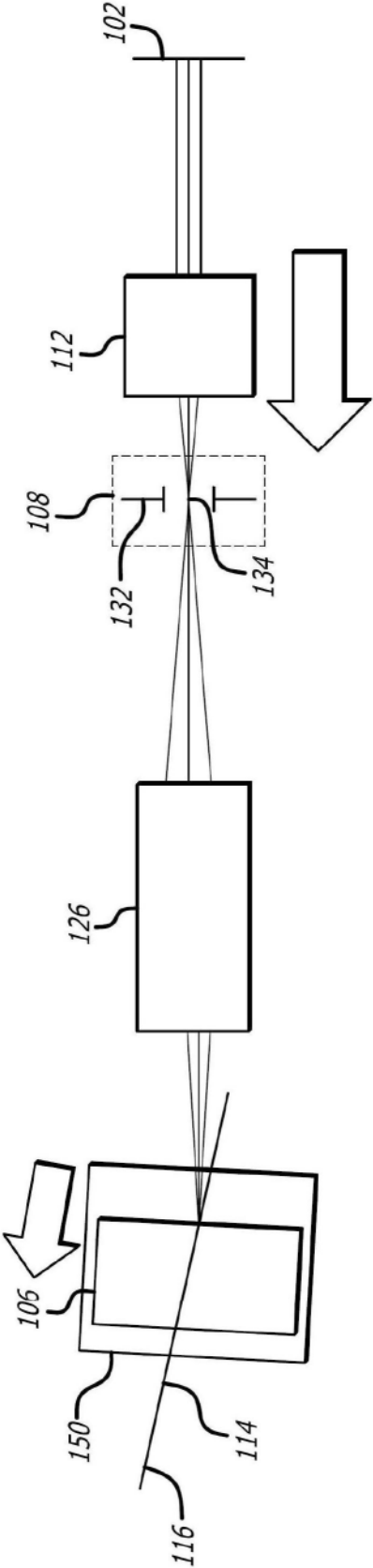


图6

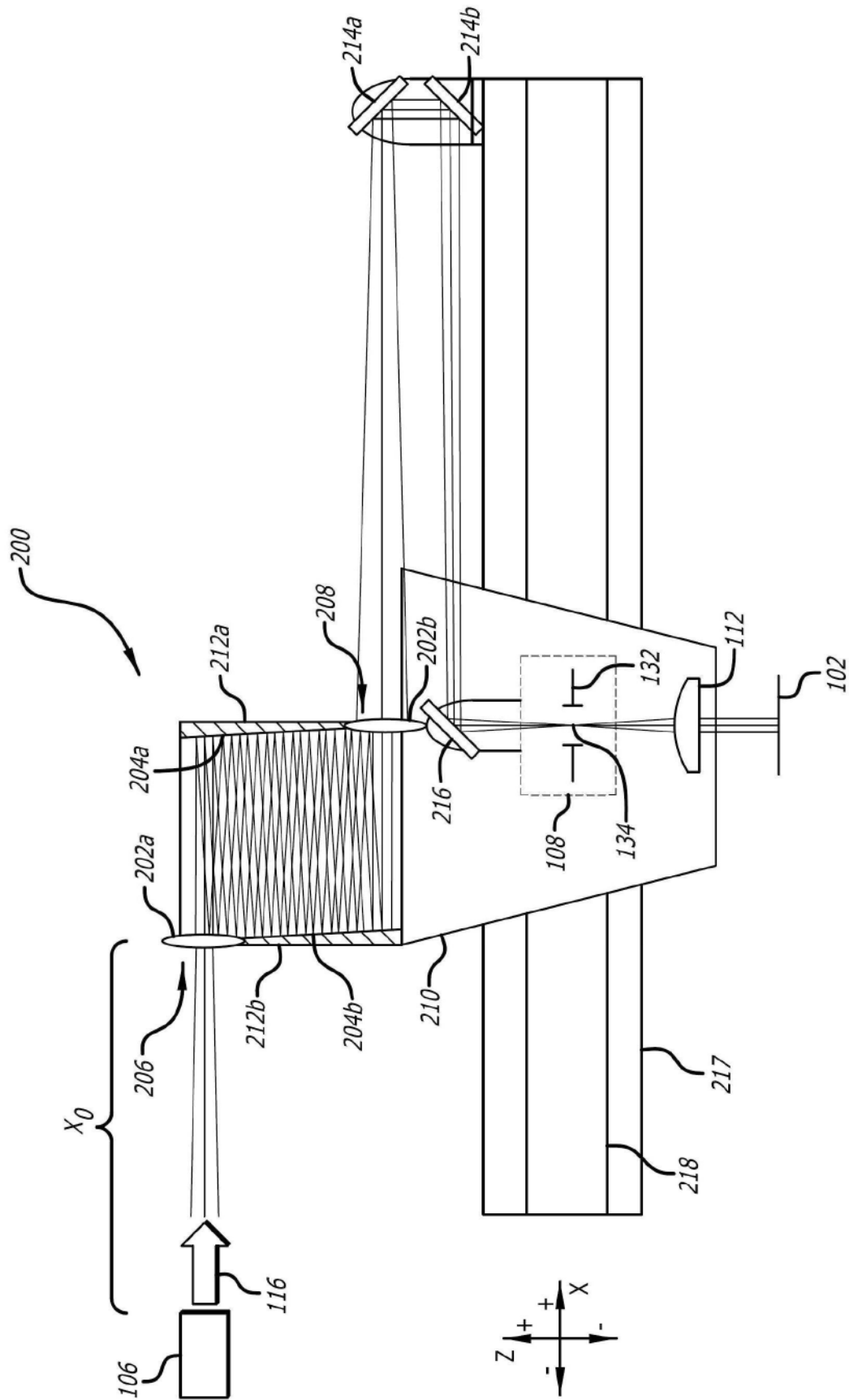


图7A

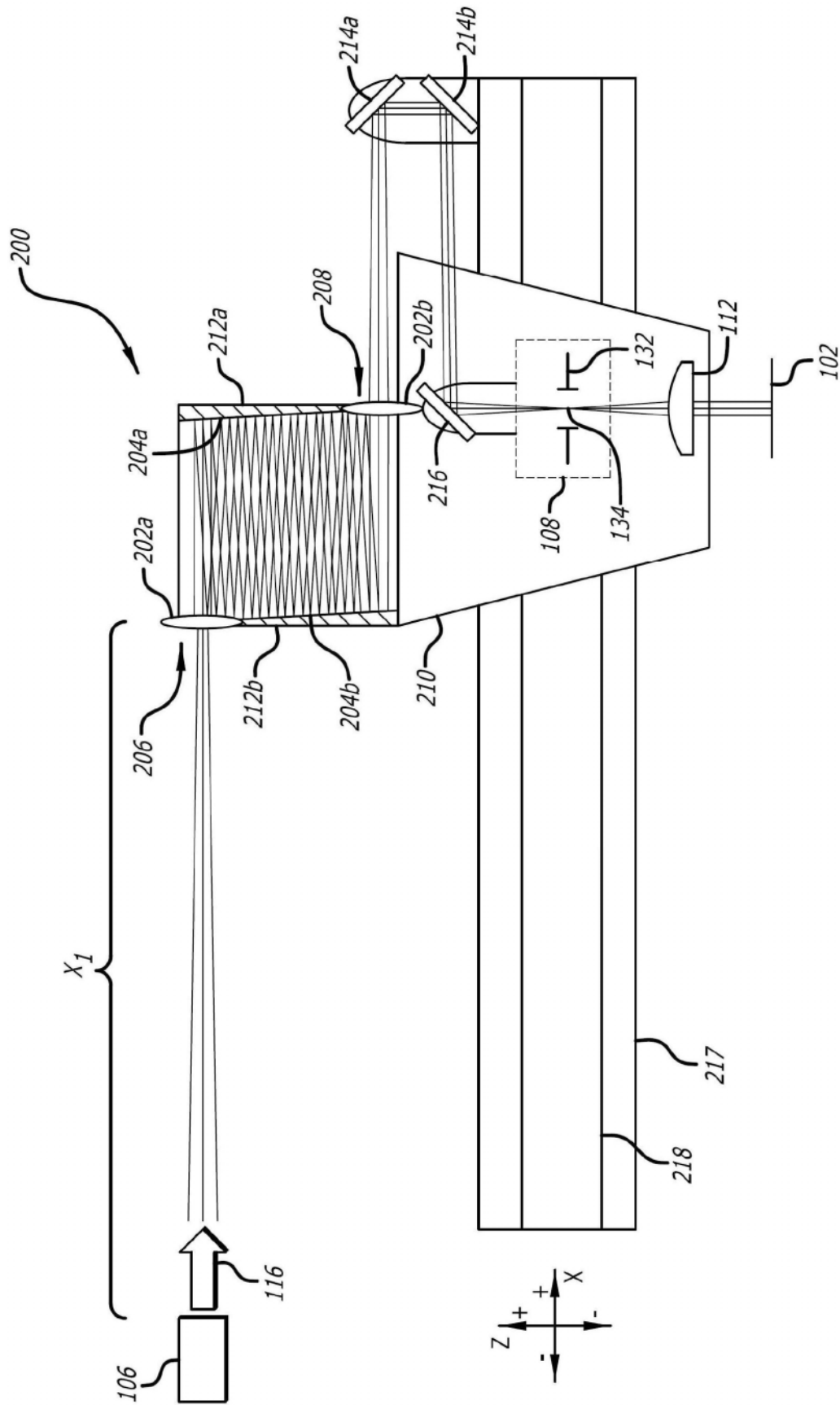


图7B

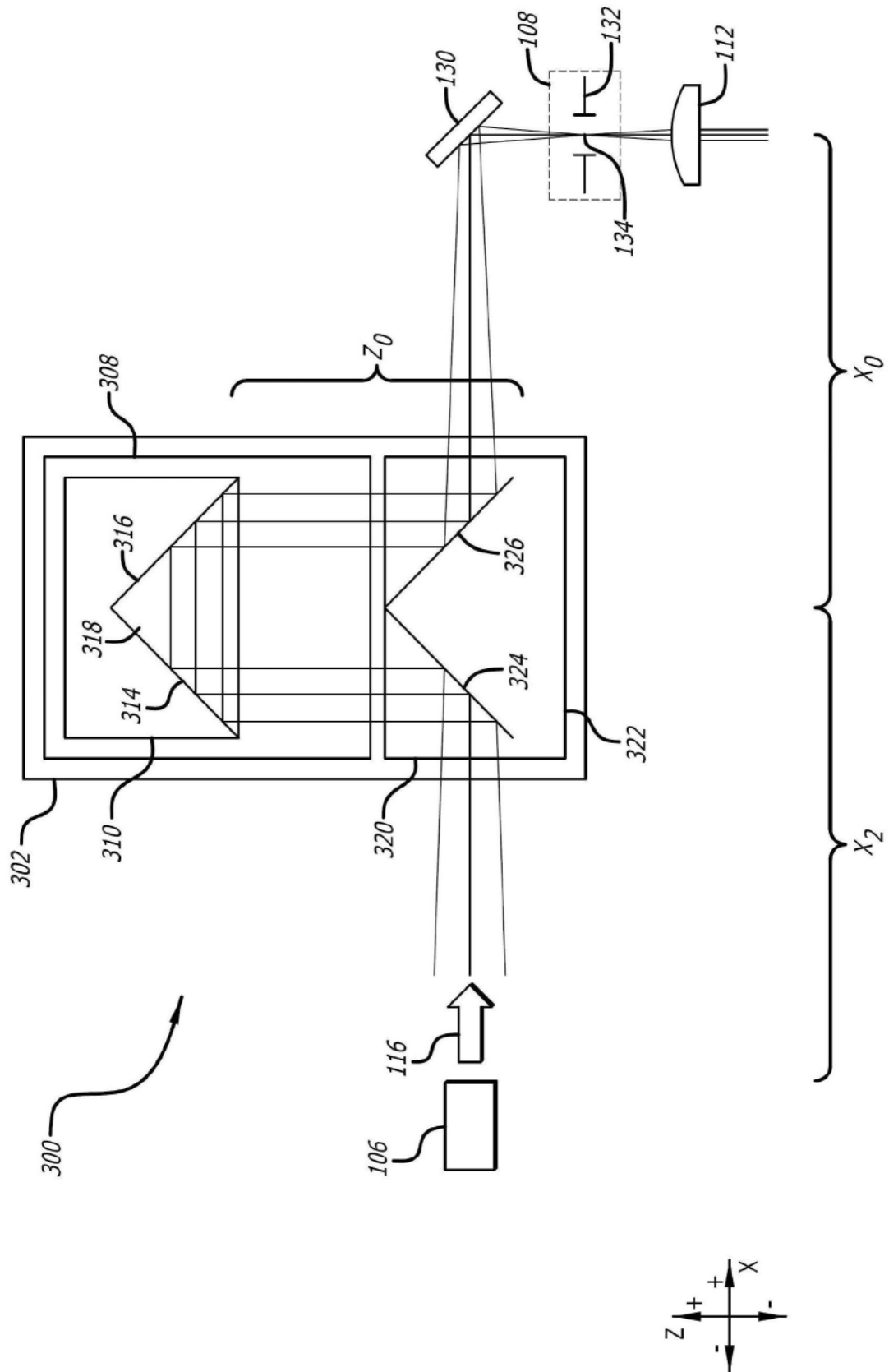


图8

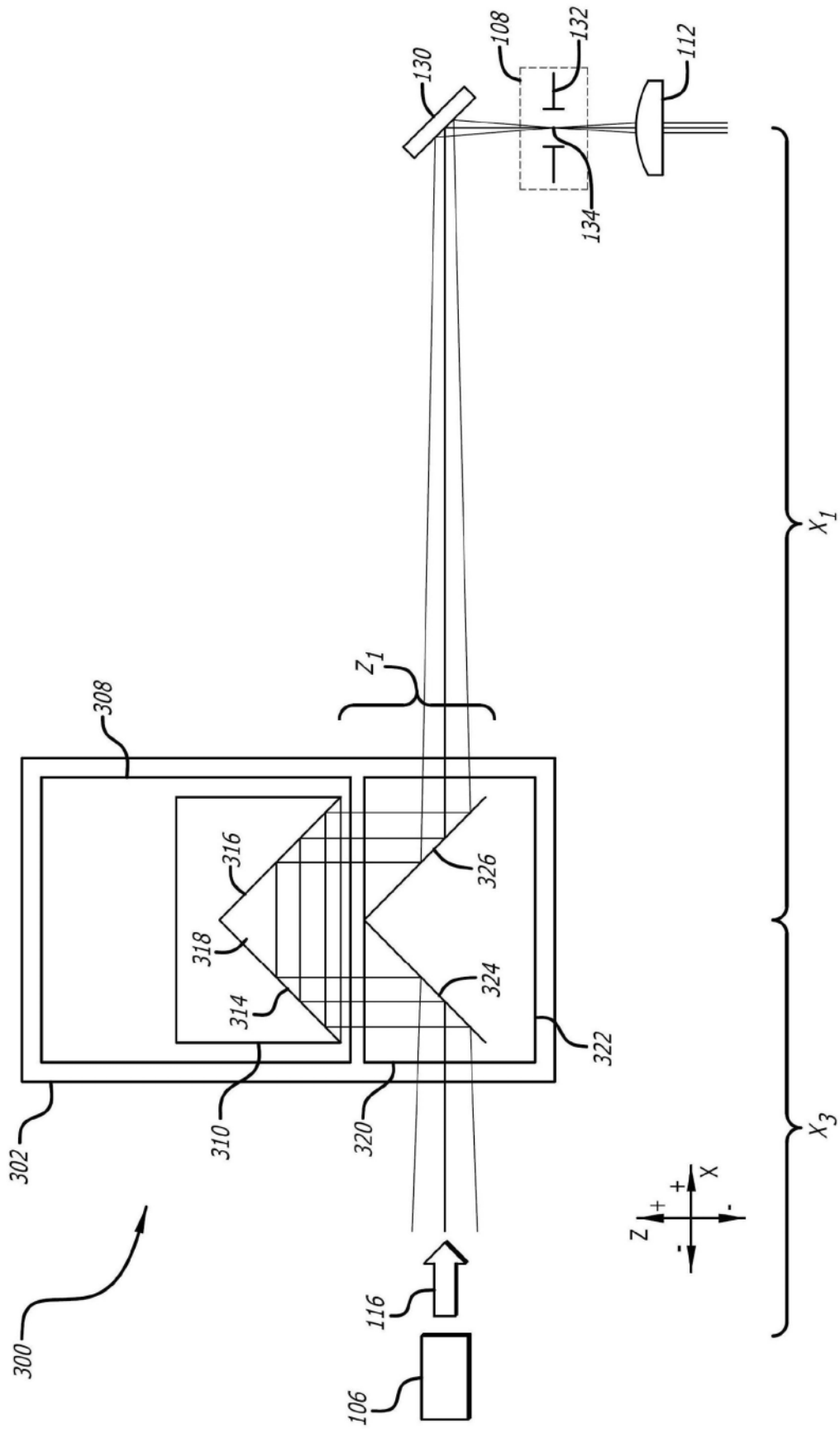


图9

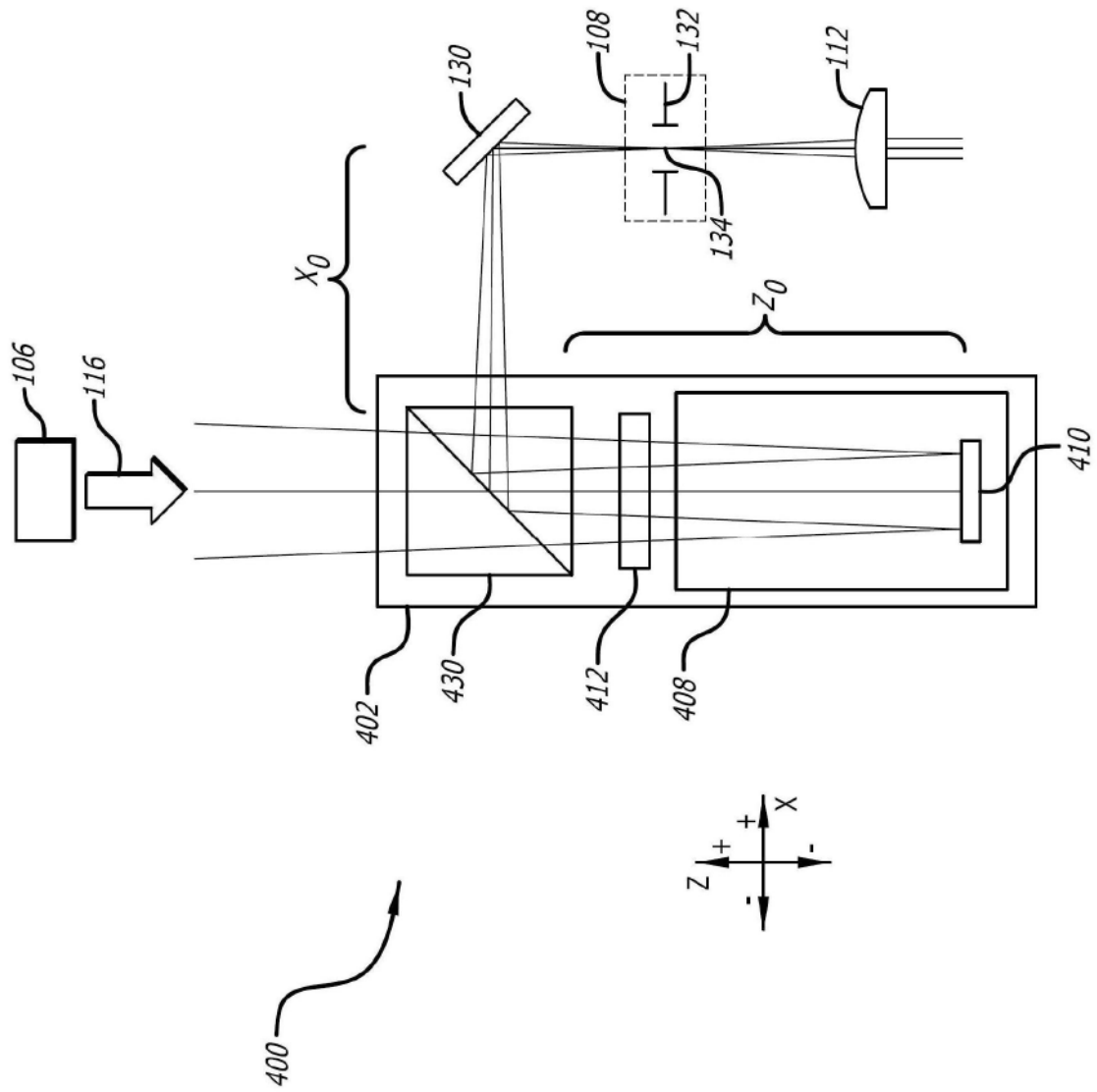


图10

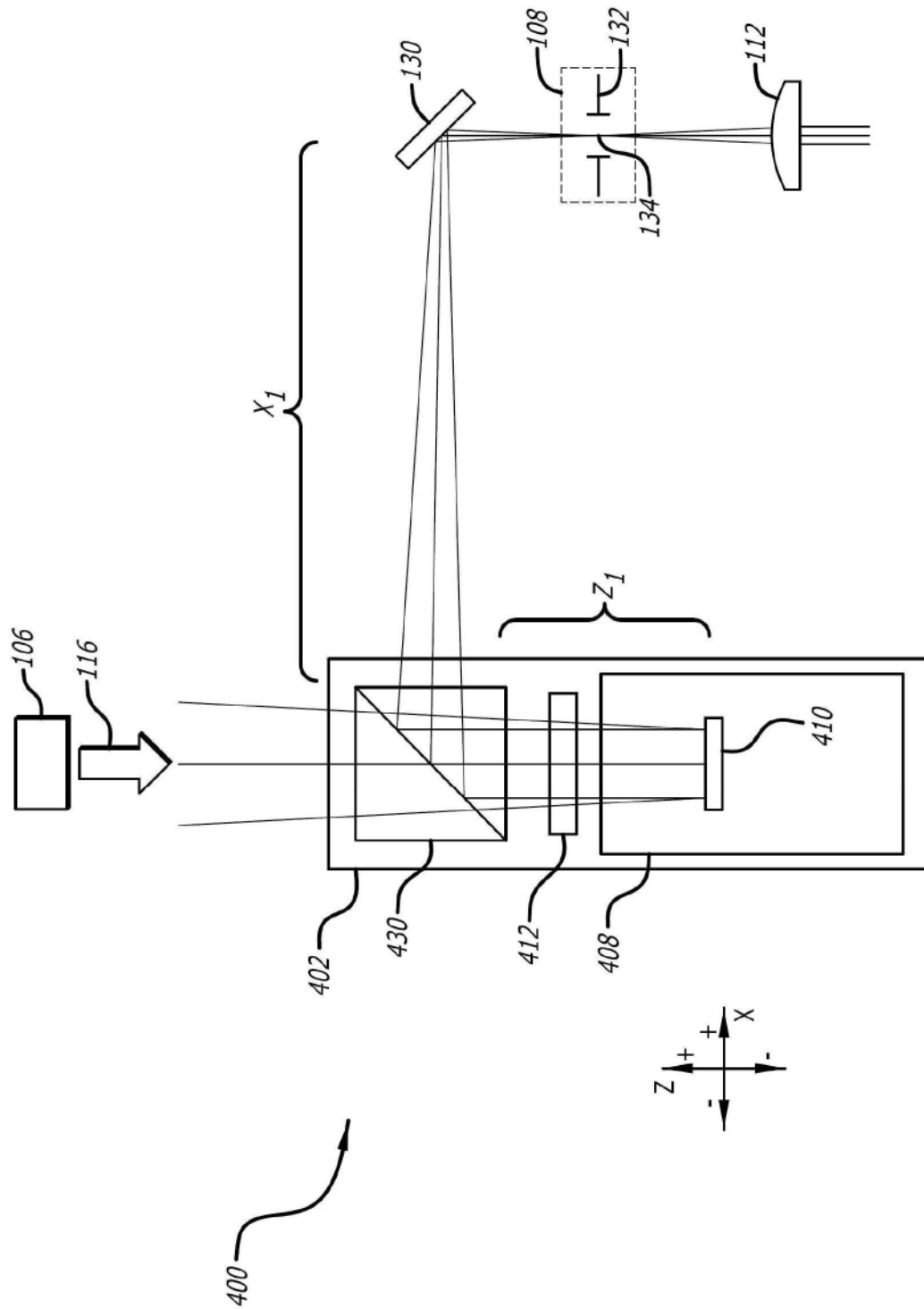


图11

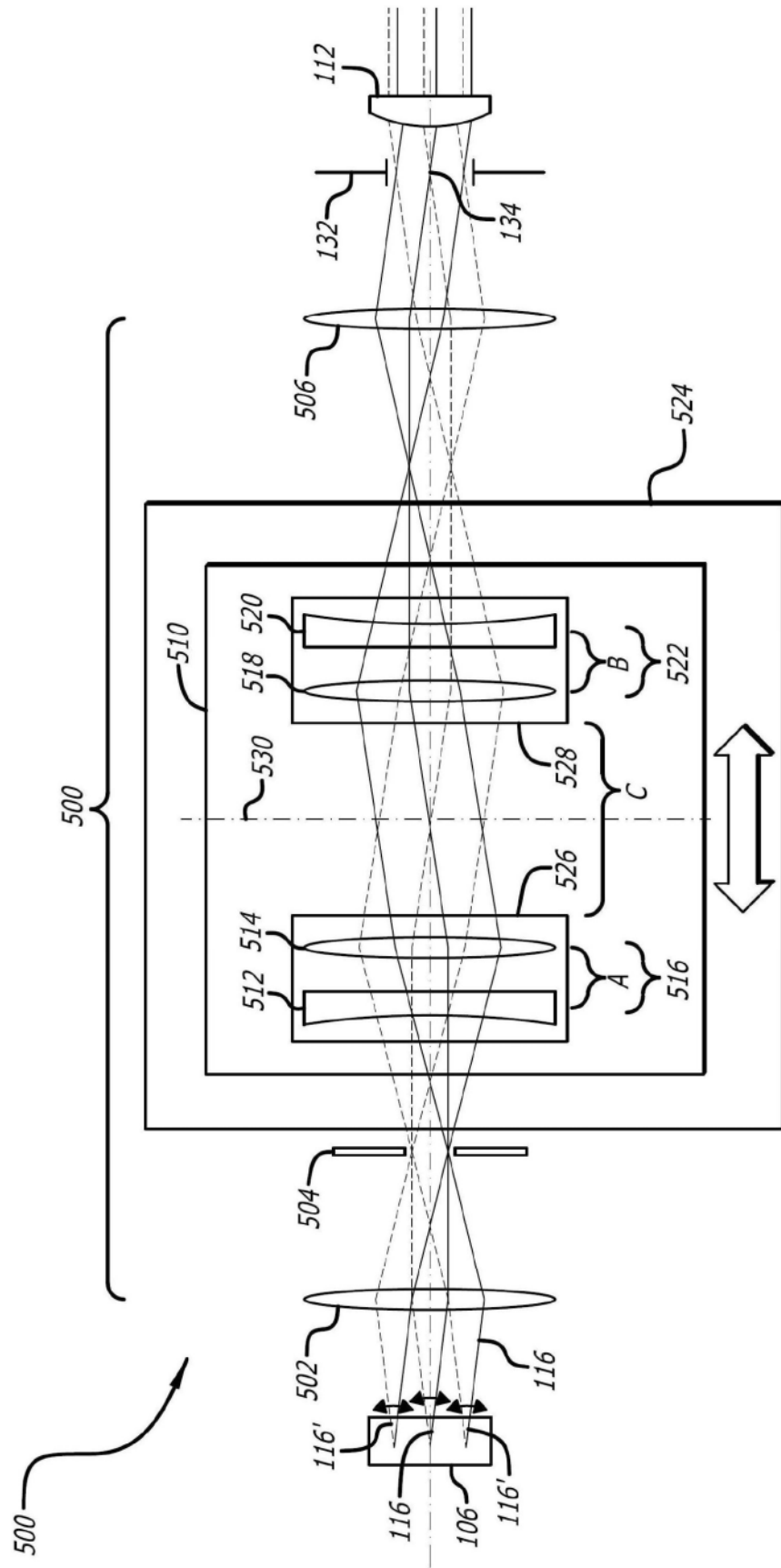


图12

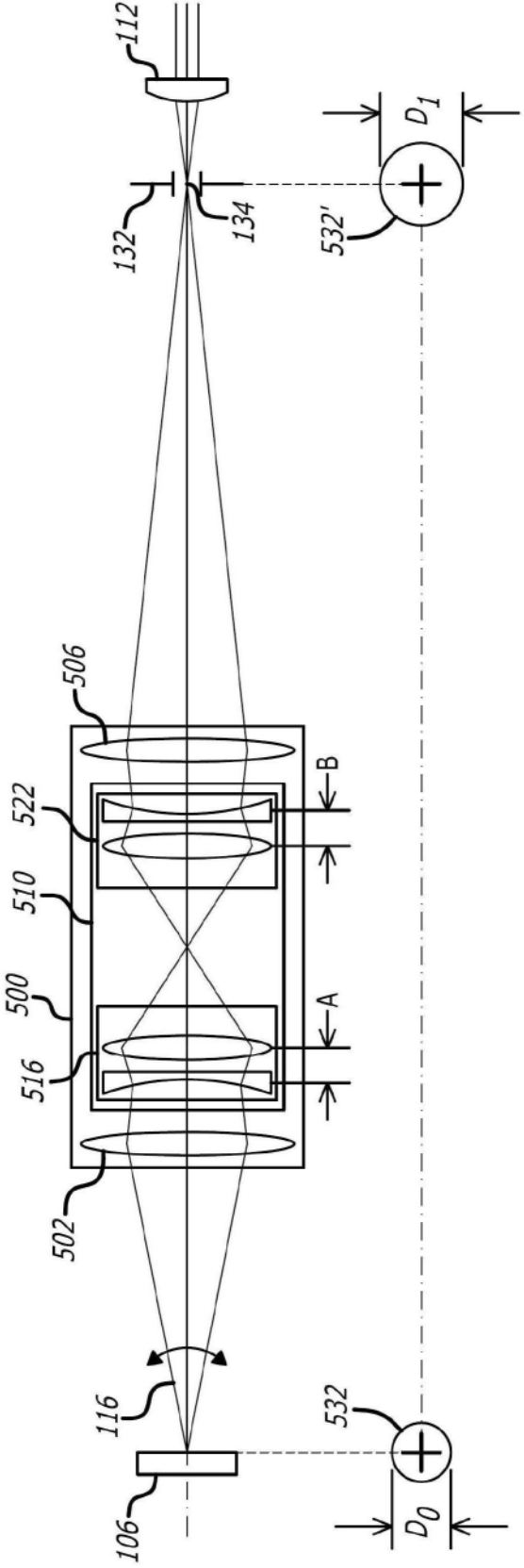


图13A

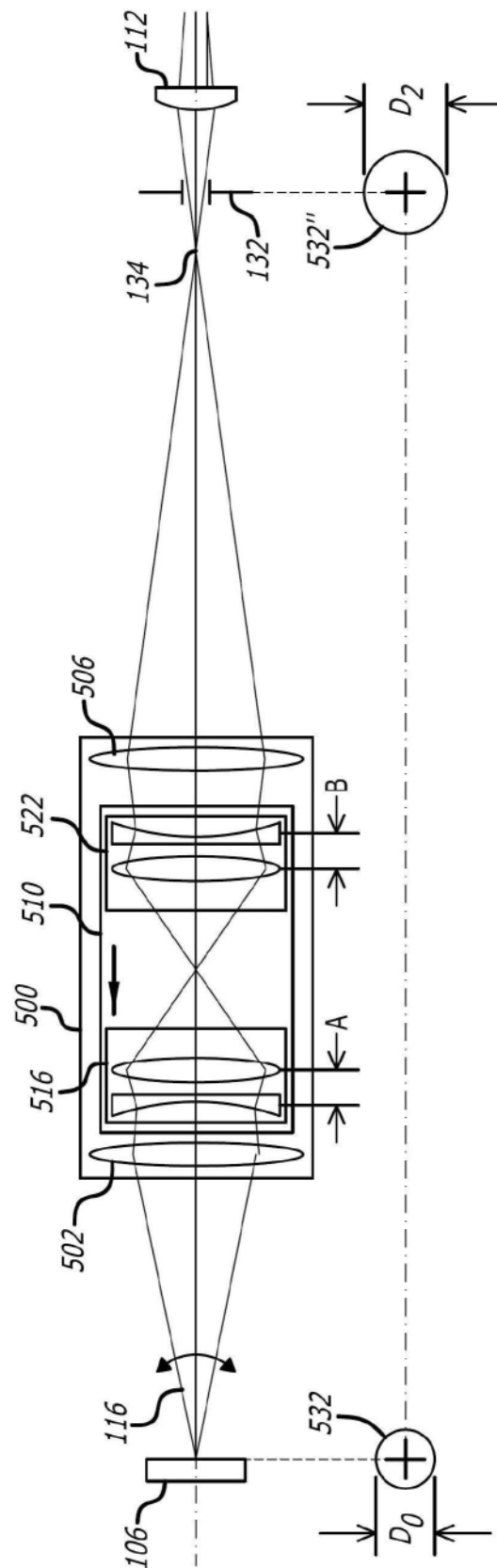


图13B

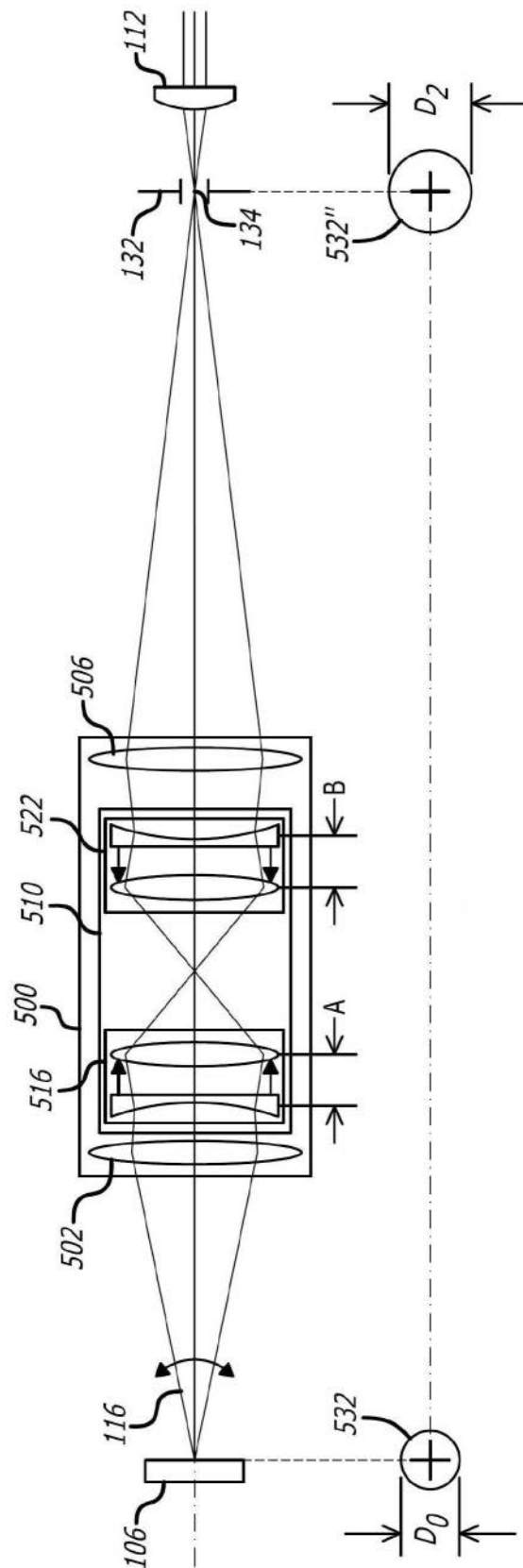


图13C