



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112204830 A

(43) 申请公布日 2021. 01. 08

(21) 申请号 201980034995.4

(22) 申请日 2019.05.24

(30) 优先权数据

62/676,041 2018.05.24 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2020.11.24

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2019/000650 2019.05.24

(87) PCT国际申请的公布数据

W02019/224601 EN 2019.11.28

(71) 申请人 松下知识产权经营株式会社

地址 日本大阪市

(72) 发明人 B·洛奇曼 M·绍特 B·查安

周望龙

(74) 专利代理机构 南京苏创专利代理事务所

(普通合伙) 32273

代理人 常晓慧

(51) Int.Cl.

H01S 3/10 (2006.01)

G02B 26/08 (2006.01)

G02B 27/10 (2006.01)

H01S 5/40 (2006.01)

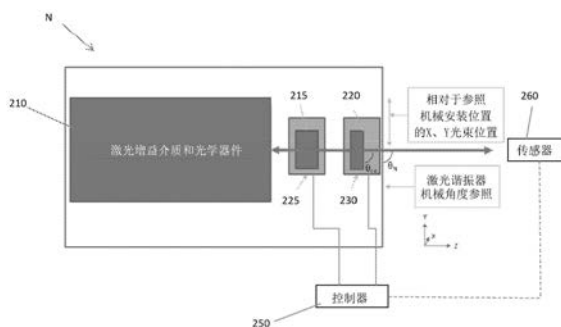
权利要求书3页 说明书9页 附图2页

(54) 发明名称

带角度调节的可替换激光谐振器模块

(57) 摘要

在各种实施例中,发射器模块包括激光源和 (a) 折射光学器件, (b) 输出耦合器, 或 (c) 折射光学器件和输出耦合器。这些中的一个或两个都可以位于便于两轴旋转的安装座上。该安装座可以是例如常规的、可旋转调节的“tip/tilt”安装座或万向架装置。对于折射光学器件,可以调节光学器件本身或光束路径;也就是说,光学器件可以在tip/tilt安装座上,或者光学器件可以用两个或更多个分别在tip/tilt安装座上的反射镜代替。



1. 为了与用于将多个输入光束组合成组合的输出光束的激光系统一起使用,一种发射器模块,具有前面,且包括:

激光束源;

输出耦合器;以及

用于将发射器模块能够移除但牢固地耦合到激光系统的装置,

其中,输出耦合器是能够绕平行于前面的一对垂直坐标轴旋转地调节的。

2. 根据权利要求1所述的发射器模块,进一步包括用于接收和引导激光束的折射光学器件,其中所述折射光学器件和/或输出耦合器的至少其中之一是能够绕平行于前面的一对垂直坐标轴旋转地调节的。

3. 根据权利要求2所述的发射器模块,其中,所述折射光学器件和所述输出耦合器都是能够旋转地调节的。

4. 根据权利要求2所述的发射器模块,其中,所述折射光学器件或所述输出耦合器是能够旋转地调节的。

5. 根据权利要求1所述的发射器模块,其中,所述输出耦合器在tip/tilt安装座上能够旋转地调节。

6. 根据权利要求2所述的发射器模块,其中,所述折射光学器件或所述输出耦合器中的至少一个在tip/tilt安装座上能够旋转地调节。

7. 根据权利要求2所述的发射器模块,其中,所述激光束沿着光束路径穿过所述折射光学器件,所述光束路径是能够通过一对反射镜围绕所述垂直坐标轴进行调节的。

8. 为了与用于将多个输入光束组合成组合的输出光束的激光系统一起使用,一种发射器模块,具有前面,且包括:

激光束源;

折射光学器件,用于接收和引导激光束;

输出耦合器;以及

用于将发射器模块能够移除但牢固地耦合到激光系统的装置,

其中,所述折射光学器件或输出耦合器的至少其中一个是能够绕平行于前面的一对垂直坐标轴旋转地调节的。

9. 一种用于将光辐射引导至工件上的激光传输系统,所述系统包括:

多个发射器模块,每个具有前面并产生输入光束,每个发射器模块包括输出耦合器;

用于将发射器模块的每个能够移除但牢固地耦合到激光传输系统的装置;以及

光束组合光学器件,用于接收来自发射器的输入光束并从中产生输出光束,

其中,在发射器模块的每个中,输出耦合器是能够绕平行于发射器模块的前面的一对垂直坐标轴旋转地调节的。

10. 根据权利要求9所述的系统,其中,每个发射器模块进一步包括用于接收和引导输入光束的折射光学器件,且所述折射光学器件或输出耦合器的至少其中一个能够绕平行于相关联的发射器模块的前面的一对垂直坐标轴旋转地调节。

11. 根据权利要求10所述的系统,其中,每个发射器模块的折射光学器件和输出耦合器都是能够旋转地调节的。

12. 根据权利要求10所述的系统,其中,每个发射器模块的折射光学器件或输出耦合器

是能够旋转地调节的。

13. 根据权利要求9所述的系统,其中,每个发射器模块的输出耦合器在tip/tilt安装座上能够旋转地调节。

14. 根据权利要求10所述的系统,其中,每个发射器模块的折射光学器件或输出耦合器中的至少一个在tip/tilt安装座上能够旋转地调节。

15. 根据权利要求10所述的系统,其中,每个发射器模块的输入光束沿着光束路径穿过相关联的折射光学器件,所述光束路径能够通过一对反射镜绕垂直坐标轴调整。

16. 根据权利要求10所述的系统,进一步包括控制器,用于调节折射光学器件或输出耦合器中的至少一个的角位置。

17. 根据权利要求16所述的系统,进一步包括用于感测输出光束的参数的传感器,其中控制器响应于传感器并基于来自传感器的信号调节折射光学器件或输出耦合器中的至少一个的角位置。

18. 根据权利要求17所述的系统,其中,所述信号指示至少一个光束参数。

19. 根据权利要求18所述的系统,其中,所述至少一个光束参数为光束形状、光斑尺寸和/或数值孔径。

20. 根据权利要求19所述的系统,其中,所述控制器配置为继续调节角位置,直到获得所述至少一个光束参数的目标值。

21. 根据权利要求9所述的系统,进一步包括:

聚焦光学器件,用于将输入光束聚焦到色散元件上;

色散元件,用于接收和分散所接收的聚焦光束;以及

部分反射输出耦合器,其定位成接收分散光束,通过其传输一部分分散光束作为辐射光束,以及将分散光束的第二部分反射回色散元件,

其中所述辐射光束由多个波长组成。

22. 一种用激光系统处理工件的方法,所述激光系统包括多个发射器模块,每个发射器模块都具有前面并产生输入光束,每个发射器模块都包括输出耦合器和可选的用于接收和引导输入光束的折射光学器件,所述方法包括以下步骤:

将来自发射器的输入光束组合在输出光束中;

围绕平行于发射器模块的前面的一对垂直坐标轴旋转地调节每个发射器模块的输出耦合器,直到输出光束呈现出光束参数的目标值为止;以及

使用输出光束加工工件。

23. 根据权利要求22所述的方法,其中,每个发射器模块包括折射光学器件和输出耦合器。

24. 根据权利要求22所述的方法,其中,所述光束参数为光束形状、光斑尺寸或数值孔径。

25. 根据权利要求23所述的方法,其中,每个发射器模块的折射光学器件和输出耦合器都是能够旋转地调节的。

26. 根据权利要求23所述的方法,其中,每个发射器模块的折射光学器件或输出耦合器是能够旋转地调节的。

27. 根据权利要求23所述的方法,其中,每个发射器模块的折射光学器件或输出耦合器

中的至少一个在tip/tilt安装座上能够旋转地调节。

28. 根据权利要求23所述的方法,其中,每个发射器模块的输入光束沿着光束路径穿过相关联的折射光学器件,所述光束路径能够通过一对反射镜绕垂直坐标轴调整。

带角度调节的可替换激光谐振器模块

[0001] 相关申请

[0002] 本申请要求2018年5月24日提交的美国临时专利申请No. 62/676,041的权益和优先权,其全部公开内容通过引用并入本申请。

技术领域

[0003] 在各种实施例中,本发明涉及激光系统,特别是具有可互换谐振器的高功率激光系统。

背景技术

[0004] 高功率激光系统用于许多不同的工业应用,例如焊接、切割、钻孔和材料加工。这种激光系统通常包括激光发射器和光学系统,从所述激光发射器发出的激光被耦合到光学纤维(或简称为“光纤”)中,所述光学系统将来自光纤的激光聚焦到待加工的工件上。波长光束组合(WBC)是一种用于缩放来自激光二极管、激光二极管条、二极管条堆叠或以一维或二维阵列布置的其他激光的输出功率和亮度的技术。已经开发出能沿着发射器阵列的一个或两个维度组合光束的WBC方法。典型的WBC系统包括多个发射器,例如一个或多个二极管条,其利用色散元件组合起来,形成多波长光束。WBC系统中的每个发射器单独谐振,并且通过来自公共部分反射输出耦合器的波长特定的反馈来稳定,该耦合器由色散元件沿着光束组合维度进行滤波。示例性的WBC系统在美国专利号6,192,062、6,208,679、8,670,180和8,559,107中有详细描述,每件专利的全部公开内容通过引用并入本申请。

[0005] 在某些多发射器配置中,各个发射器可以分别移除和更换。例如,高功率激光系统可具有多个可单独更换的发射器模块,每个发射器模块包含至少一个激光源,例如一个或多个基于二极管的源。发射器模块可以从系统中移除,并由最终用户“在现场”更换。但是更换发射器模块需要正确对准新模块。大多数高功率激光系统都在不整洁的环境中使用,不适合激光对准。因此,如果在现场对准不切实际,则必须确保在发射器模块的制造过程中在公差范围内。这可能具有挑战性,但是如果可以将激光谐振器之间的光束指向和光束位置的变化降低到临界水平以下,则发射器模块将能够在组合系统中更换,而无需进一步调整。

发明内容

[0006] 根据本发明的实施例的发射器模块,也称为激光源或谐振器模块,可以包括电接口和光接口,与光束组合外壳上的互补特征配合,来自模块的各个光束在外壳中组合成单个输出光束(并且在一些实施例中,耦合到光纤中)。这些光接口和电接口有助于以最小程度的光源对准(如果有的话)轻松更换输入激光源。发射器模块可以是能够插入设置在外壳内或外壳上的输入插座中的并与之配合,输入光束在外壳中组合在一起以形成输出光束。

[0007] 发射器模块包括激光源和(a)折射光学器件,(b)输出耦合器,或(c)折射光学器件和输出耦合器。这些中的一个或两个都可以位于便于两轴旋转的安装座上。该安装座可以是例如常规的、可旋转调节的“tip/tilt”安装座或万向架装置。对于折射光学器件,可以调

节光学器件本身或光束路径;也就是说,光学器件可以在tip/tilt安装座上,或者光学器件可以用一对分别在tip/tilt安装座上的反射镜代替。在各种实施例中,输出耦合器是部分反射的,有利于从发射器模块发射一部分输出光束,并将另一部分输出光束反射回到原始光束发射器,从而在发射器模块内产生外腔发射。

[0008] 与仅仅用光探测表面(例如,反射率测量)的光学技术相比,根据本发明的实施例产生的输出光束可用于加工工件,使得工件的表面被物理地改变和/或使得在表面上或表面内形成特征。根据本发明实施例的示例性加工包括切割、熔接、钻孔和焊接。本发明的各种实施例还可以在一个或多个点处或沿着一维线性或曲线加工路径加工工件,而不是用来自激光束的辐射充满全部或基本上全部工件表面。这种一维路径可以由多个段组成,每个段可以是线性的或曲线的。

[0009] 因此,在第一方面,本发明涉及一种与激光系统一起使用的发射器模块,所述激光器系统用于将多个输入光束组合成组合的输出光束。在各种实施例中,发射器模块具有前面并且包括激光束源、输出耦合器以及用于将发射器模块可移除地但牢固地耦合到激光系统的装置,其中所述输出耦合器可绕平行于前面的一对垂直坐标轴旋转地调节。在一些实施例中,发射器模块进一步包括用于接收和引导激光束的折射光学器件,其中所述折射光学器件和/或输出耦合器可绕平行于前面的一对垂直坐标轴旋转地调节。例如,折射光学器件和/或输出耦合器可以是能够在tip/tilt安装座上旋转地调节的。替代地,激光束可以沿光束路径穿过折射光学器件,且光束路径可以是能够通过一对反射镜绕垂直坐标轴进行调节的。

[0010] 另一方面,本发明涉及一种与激光系统一起使用的发射器模块,所述激光器系统用于将多个输入光束组合成组合的输出光束。在各种实施例中,发射器模块具有前面并且包括激光束源、用于接收和引导激光束的折射光学器件、输出耦合器以及用于将发射器模块可移除地但牢固地耦合到激光系统的装置,其中所述折射光学器件和/或输出耦合器可绕平行于前面的一对垂直坐标轴旋转地调节。

[0011] 在另一方面,本发明涉及一种用于将光辐射引导至工件上的激光传输系统。在各种实施例中,所述系统包括多个发射器模块,每个发射器模块具有前面并产生输入光束,其中,发射器模块分别包括输出耦合器;用于将发射器模块的每个可移除但牢固地耦合至激光传输系统的装置;以及光束组合光学器件,用于接收来自发射器的输入光束并从其产生输出光束。在发射器模块的每个中,输出耦合器可绕平行于发射器模块的前面的一对垂直坐标轴旋转地调节。

[0012] 在各种实施例中,每个发射器模块进一步包括用于接收和引导输入光束的折射光学器件,且所述折射光学器件和/或输出耦合器可绕平行于相关联的发射器模块的前面的一对垂直坐标轴旋转地调节。例如,折射光学器件和/或输出耦合器可以是能够在tip/tilt安装座上旋转地调节的。替代地,每个发射器模块的输入光束可以沿光束路径穿过相关的折射光学器件,所述光束路径能够通过一对反射镜关于垂直坐标轴进行调节。

[0013] 在一些实施例中,激光传输系统进一步包括用于调节折射光学器件或输出耦合器中的至少一个的角位置的控制器。所述系统可以进一步包括用于感测输出光束的参数的传感器,其中控制器响应于传感器并基于来自传感器的信号调节折射光学器件或输出耦合器中的至少一个的角位置。信号可以指示至少一个光束参数,例如,光束形状、光斑尺寸和/或

数值孔径。控制器可以配置为继续调节角位置,直到获得所述至少一个光束参数的目标值。

[0014] 在各种实施例中,激光传输系统进一步包括:聚焦光学器件,用于将输入光束聚焦到色散元件上;色散元件,用于接收和分散接收的聚焦光束;以及部分反射的输出耦合器,定位成接收色散光束、通过其传输色散光束的一部分作为辐射光束,并将色散光束的第二部分反射回色散元件;所述辐射光束由多个波长组成。

[0015] 本发明的又一方面涉及一种利用激光系统处理工件的方法,所述激光系统包括多个发射器模块,每个发射器模块具有正面并产生输入光束,其中,发射器模块中的每个包括输出耦合器以及,可选地,折射光学器件,用于接收和引导输入光束。在各种实施例中,所述方法包括以下步骤:将来自发射器的输入光束组合成输出光束;围绕平行于发射器模块的前面的一对垂直坐标轴旋转地调节每个发射器模块的输出耦合器,直到输出光束呈现出光束参数的目标值;以及使用输出光束加工工件。

[0016] 在各种实施例中,每个发射器模块包括折射光学器件和输出耦合器。光束参数可以是光束形状、光斑尺寸或数值孔径。每个发射器模块的折射光学器件和/或输出耦合器可以是例如在tip/tilt安装座上能够旋转地调节的。在一些实施例中,每个发射器模块的输入光束沿光束路径穿过相关的折射光学器件,所述光束路径能够通过一对反射镜关于垂直坐标轴进行调节。

[0017] 如本文所使用的,术语“近似”、“大约”、“大致”和“基本上”是指 $\pm 10\%$,在一些实施例中为 $\pm 5\%$ 。在整个说明书中,对“一个示例”、“一示例”、“一个实施例”或“一实施例”的引用是指结合该示例所描述的特定特征、结构或特性包括在本发明技术方案的至少一个示例中。因此,在整个说明书中各处出现的短语“在一个示例中”、“在一示例中”、“一个实施例”或“一实施例”不一定都指的是同一示例。此外,特定特征、结构、例程、步骤或特性可以在本发明技术方案的一个或多个示例中以任何合适方式组合。本文提供的标题仅是为了方便起见,并不旨在限制或解释所要求保护的技术的范围或含义。除非本文另有定义,否则术语“基本上由.....组成”意指排除有助于功能的其他材料。尽管如此,这些其他材料可以以痕量共同或单独存在。在本文中,除非另有说明,否则术语“辐射”和“光”可互换使用。在本文中,“下游”或“光学上的下游”用于指示光束在遇到第一元件之后所撞击的第二元件的相对位置,该第一元件是第二元件的“上游”或“光学上的上游”。在本文中,两个部件之间的“光学距离”是两个部件之间光束实际行进的距离;由于例如来自镜子的反射或者光从一个部件行进到另一个部件所经历的传播方向上的其他变化,光学距离可以等于但不一定等于两个部件之间的物理距离。除非另有说明,否则本文中使用的“距离”可以被认为是“光学距离”。

附图说明

[0018] 在附图中,不同视图中相同的附图标记通常代表相同的部件。而且,附图并不是一定按照比例,而是在于重点说明本发明的原理。在接下来的说明书中,参考以下附图对本发明的各种实施例进行描述,其中:

[0019] 图1A为传统的激光谐振器阵列和相关联的光学器件的示意性平面图。

[0020] 图1B为图1A所示的光纤模块的放大示意图,示出了与本发明的实施例相关的某些光束角。

[0021] 图2为根据本发明的实施例的激光谐振器单元的示意性平面图。

[0022] 图3为根据本发明的实施例,可用于在激光谐振器单元内和/或利用激光谐振器单元形成激光束的波长光束组合技术的示意图。

具体实施方式

[0023] 根据本发明的实施例的激光装置可以用在WBC系统中,以形成高亮度、低光束参数乘积(BPP)激光系统。BPP是激光束发散角(半角)和光束在其最窄点(即光束腰,最小光斑尺寸)的半径的乘积。BPP量化激光束的质量以及将激光束聚焦到小点的程度,通常以毫米毫弧度(mm-mrad)为单位表示。高斯光束具有尽可能小的BPP,由激光的波长除以 π 得到。实际光束与理想高斯光束在相同波长下的BPP之比表示为 M^2 ,或者“光束质量因子”,它是与波长无关的光束质量的度量,具有“最佳”质量对应于“最低”光束质量因子1。

[0024] 本文表征为呈现高热导率的材料,或作为“导热材料”,具有的热导率为至少100瓦每米每开尔文($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)、至少 $170 \text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$,或甚至至少 $300 \text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 。本文表征为呈现高电导率的材料,或作为“导电材料”,具有的电导率,例如在 20°C 时,为至少 1×10^5 西门子/米(S/m)、至少 $1 \times 10^6 \text{S}/\text{m}$ 、甚至至少 $1 \times 10^7 \text{S}/\text{m}$ 。本文表征为呈现高电阻率的材料,或作为“电绝缘材料”,具有的电阻率为至少 1×10^8 欧姆·米($\Omega \cdot \text{m}$)、至少 $1 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{m}$ 、或甚至至少 $1 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{m}$ 。

[0025] 如本领域技术人员已知的,激光器通常定义为通过受激发射而产生可见或不可见光的装置。如上所述,激光器通常具有使其在各种应用中有用的特性。常见的激光器类型包括半导体激光器(例如,激光二极管和二极管条)、固态激光器、光纤激光器和气体激光器。激光二极管通常基于支持光子(光)发射的简单二极管结构。然而,为了提高效率、功率、光束质量、亮度、可调性等,通常对该简单结构进行修改以提供许多实用类型的激光二极管。激光二极管类型包括小型边缘发射变型,在高光束质量的光束中产生几毫瓦到大约半瓦的输出功率。二极管激光器的结构类型包括双异质结构激光器,其特征是在两个高带隙层之间夹有一层低带隙材料;量子阱激光器,包括非常薄的中间(量子阱)层,可实现高效率并量子化激光器的能量;多量子阱激光器,包括一个以上的量子阱层,以改善增益特性;量子线或量子海(点)激光器,用线或点代替中间层,以产生更高效率的量子阱激光器;量子级联激光器,能够在相对长的波长上进行激光作用,可以通过改变量子层的厚度来对其进行调谐;分离局限式异质结构激光器,这是最常见的商用激光二极管,在量子阱层的上方和下方还包括另外两层,以有效地限制产生的光;分布式反馈激光器,通常在要求苛刻的光通信应用中使用,并且包括集成的衍射光栅,该光栅通过将单个波长反射回增益区域,有助于在制造期间生成稳定的波长集;垂直腔面发射激光器(VCSEL),其结构与其他激光二极管不同,光是从其表面而不是从其边缘发射的;垂直外腔表面发射激光器(VECSEL)和外腔二极管激光器,它们是可调谐激光器,主要使用双异质结构二极管,并且包括光栅或多棱镜光栅配置。外腔二极管激光器通常是波长可调的,并且表现出小发射谱线宽度。激光二极管类型还包括各种基于高功率二极管的激光器,包括:宽发射域激光器,其特征是具有长椭圆形输出面的多模二极管,且通常具有较差的光束质量,但产生的功率只有几瓦;锥形激光器,其特征在于具有带锥形输出面的像散模式二极管,与宽发射域激光器相比,该锥形激光器具有更高的光束质量和亮度;脊形波导激光器,其特征在于具有椭圆形输出面的椭圆模式二极管;

平板耦合光波导激光器 (SCOWL), 其特征在于具有输出面的圆形模式二极管, 并且可以在具有近似圆形轮廓的衍射受限光束中产生瓦特级输出。

[0026] 二极管激光条是一种半导体激光器类型, 包含一维阵列的宽发射域发射器, 或者可选地包含子阵列, 其包含例如10-20个窄条状发射器。宽发射域二极管条通常包含例如19-49个发射器, 每个发射器的尺寸约为例如 $1\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$ 。沿 $1\mu\text{m}$ 尺寸或快轴的光束质量通常受衍射限制。沿 $100\mu\text{m}$ 尺寸或慢轴(阵列尺寸)的光束质量通常受很多倍的衍射限制。通常, 用于商业应用的二极管条的激光谐振器长度约为1至4毫米, 约10毫米宽, 并产生数十瓦的输出功率。大多数二极管条工作在780至1070nm的波长范围内, 波长为808nm(对于泵浦钕激光器)和940nm(对于泵浦Yb:YAG)是最突出的。915-976nm的波长范围用于泵浦掺铒或掺镱高功率光纤激光器和放大器。

[0027] 本发明的实施例将输出光束(可以为多波长输出光束)耦合到光纤中。在各种实施例中, 光纤具有围绕单个芯的多个包覆层、在单个包覆层内的多个离散芯区域(或“多个芯”)或被多个包覆层围绕的多个芯。在各种实施例中, 输出光束可以被传递到工件以用于诸如切割、焊接等的应用。

[0028] 这里, “光学元件”可以指透镜、反射镜、棱镜、光栅等的任何一种, 其重定向、反射、弯曲或以任何其他方式光学地操纵电磁辐射。这里, 光束发射器、发射器或激光发射器或激光器包括任何电磁束产生装置, 例如半导体元件, 其产生电磁束, 但可以是或可以不是自谐振的。这些还包括光纤激光器、盘形激光器、非固态激光器等。通常, 每个发射器包括后反射表面、至少一个光学增益介质和前反射表面。光学增益介质增加电磁辐射的增益, 该增益不限于电磁光谱的任何特定部分, 而是可以是可见光、红外光和/或紫外光。发射器可以包括或基本上由多个光束发射器组成, 例如配置为发射多个光束的二极管条(diode bar)。在本申请的实施例中使用的光束可以是使用本领域中已知的各种技术组合的单波长或多波长光束。此外, 这里对“激光器”、“激光发射器”或“光束发射器”的引用不仅包括单二极管激光器, 还包括二极管条、激光器阵列、二极管条阵列以及单个或阵列的垂直腔面发射激光器(VCSEL)。

[0029] 本发明的环境在图1A和1B中示出。高功率激光传输系统100包括多个激光谐振器(发射器)模块 N_1-N_4 , 产生的输出经由组合光学器件110被组合成单个(例如, 多波长)输出光束或多个光束。(当然, 应当理解, 商用系统可以具有任意数量的谐振器 N ; 仅以四个为例进行说明。)每个发射器 N_1-N_4 的输出以一角度 $\theta_{N_1} \cdots \theta_{N_4}$ 离开发射器, 所述角度理想地基本垂直于发射器的输出面。多个光束在空间上堆叠, 有效地形成具有填充因子的单个光束, 并且组合光学器件110可以在偏振、波长(粗二向色)或空间堆叠方面进行组合。输出光束115又可以借助于聚焦透镜或透镜组件(“FOM透镜”)125耦合到光纤模块(FOM)中的光纤120中。一旦耦合到光纤120中, 就可以利用输出光束115来处理(例如, 切割、焊接、退火、钻孔等)工件。图1B示出了撞击FOM透镜125的空间上分开的光束。如果 $\theta_{N_1} \cdots \theta_{N_4}$ 垂直于发射器输出面, 且发射器 N_1-N_4 完全平行, 所有光束均以一致的角度 θ_{FOM} 射向FOM透镜125。

[0030] 组合光学器件110可以可选地包括一个或多个折射光学元件。如果包括, 则折射光学元件(在本文中通常称为“折射光学器件”)可以包括一个或多个圆柱或球形透镜、平面光学器件、楔形和/或反射镜, 基本上由以上所述组成, 或由以上所述组成。折射光学元件沿着波长光束组合(WBC)方向组合每个光束。系统的正确操作要求来自激光谐振器模块 N_1-N_4 的

光束在进入组合光学器件110时光学对准。

[0031] 光束组合光学器件110可以包括用于形成和/或增强从发射器模块 $N_1 \cdots N_4$ 发射的每个光束的光学增益的增益介质。增益介质可以包括当被来自发射器模块的光束激发时经历受激发射的一种或多种材料,基本上由以上所述组成,或由以上所述组成。例如,增益介质可以包括掺杂有一种或多种离子(例如,诸如钕、镱、铒等稀土离子或诸如钛、铬等过渡金属离子)的一种或多种晶体和/或玻璃,例如钕铝石榴石($Y_3Al_5O_{12}$)、正钒酸钕(YVO_4)、蓝宝石(Al_2O_3)或溴化铯镉($CsCdBr_3$),基本上由以上所述组成,或由以上所述组成。增益介质的示例包括Nd:YAG(掺钕钕铝石榴石)、Yb:YAG(掺镱YAG)、Yb:玻璃、Er:YAG(掺铒YAG)或Ti:蓝宝石,以固体块或光学玻璃纤维形式使用。

[0032] 图2示出了代表性的激光谐振器(发射器)模块N的架构。激光源210包括常规的激光增益介质和输出光学器件(例如,一个或多个准直器)。输出光束穿过可选的折射光学器件215和输出耦合器220,该输出耦合器220透射组合的输出光束。输出耦合器220通常是部分反射的,并且如果不包括在谐振器封装件N内,则可以充当所有谐振器元件的公共前面。输出光束从输出耦合器220射出并相对于其成一角度 θ_{oc} ,并且相对于谐振器本身的机械参考平面以一角度 θ_N 从谐振器N射出。也就是说,即使严格地强制谐振器和组合光学器件之间的机械对准,光束本身也可以遵循不完全垂直于机械参考平面的路径。因此, θ_N 必须是在一定公差范围内垂直,使得光束进入FOM透镜125的角度(θ_{FOM})不会导致光束移动离开光纤120并从而降低耦合效率至不可接受的程度。

[0033] 在所示的实施例中,折射光学器件215和输出耦合器220都位于各自的安装座225、230上,安装座225、230有助于绕所示的x轴 θ_x 旋转以及绕y轴 θ_y 旋转。安装座225、230可以是例如常规的、能够旋转调节的“tip/tilt”安装座和/或常规的万向架装置。对于折射光学器件215,可以调节光学器件本身或光束路径;也就是说,光学器件215可以在tip/tilt安装座上,或者光学器件可以用一对(或更多)分别在tip/tilt安装座上的反射镜代替。在一些实施例中,折射光学器件215或输出耦合器220中仅一个是能够旋转调节的,而另一个是固定安装的。

[0034] 可以在工厂中执行对安装座225、230的调整,以将谐振器模块N针对相对于其他谐振器的光束角度和位置预设在一定裕度内。如下面更详细地描述的,在各种实施例中,谐振器模块可以在角度和位置的一定裕度内被钉(机械地设置)到组合器模块中。只要满足此裕度,在移除旧的激光谐振器模块并安装新的激光谐振器模块后,就无需在现场进行光学调整。也就是说,根据本发明的实施例,可以仅通过调整折射光学器件215和/或输出耦合器220来实现输出光束角度和位置的调整,而不是通过调整谐振器模块N本身的位置或角度来实现。

[0035] 这些调整控制相对于输出耦合器220的输出光束角度 θ_{oc} ,因为当 $\theta_{oc} = 90^\circ$ 时光束将始终形成最佳的激光谐振腔,并确保光束相对于x和y轴(即,相对于发射器模块N的机械参考平面)的垂直度的偏差 θ_N 在可接受的公差水平内。光束相对于FOM镜头的定位决定了光束的数值孔径 θ_{NA} (见图1B)和其到光纤120中的耦合效率,因此,公差水平或裕度对应于针对给定应用在商业上可接受的偏差。所示出的布置实际上允许实现任何期望的裕度而无需过度的实验,只要可旋转的安装座能够足够精细地调节即可。还应当注意,尽管省略折射光学器件215将导致输出光束的数值孔径的一定程度的降低,但是耦合效率将保持较高,因为 θ_{oc}

仍将为FOM镜头设置合适的角度。在高功率谐振器的情况下尤其如此,这种情况下确切的光束位置可能不太重要。

[0036] 可更换的发射器模块N与固定外壳或支架之间的机械接合不是很关键;2017年7月26日提交的美国序列号15/660,134中描述了一种布置,其全部公开内容通过引用并入本申请。例如,如其中所描述的,每个发射器模块N可以电气地和光学地连接,可选地与设置在光束组合光学器件110的外壳内或外壳上(或形成外壳的一部分)的多个输入插座的其中之一连接。通过布置在发射器外壳上的电接口可以有助于谐振器模块N与光束组合外壳之间的电连接,当发射器模块容纳于光束组合光学器件外壳中时,该电接口电连接到光束组合光学器件外壳上的输入插座内的互补电输出。例如,发射器模块电接口和电输出可以包括电线、相反极化的(即,公和母)电连接器、凸点结合或其他导电结构,基本上由以上所述组成,或由以上所述组成。每个发射器模块N还可以包括光学接口(例如,一个或多个光学元件、透镜、棱镜和/或窗口),聚焦的输入光束通过该光学接口传输到光束组合光学器件110。形状适合于接收和固定(例如,闩锁或压缩地保持)发射器模块在一个方向上的对准特征(例如,插座、突起、紧固件、钩子等)可以促进每个发射器模块N与光束组合外壳的输入插座的机械对准,在所述方向上产生发射器模块N和光束组合光学组件外壳的光学和电气互连。每个输入插座还可以包括光接收器(例如,一个或多个光学元件、透镜、棱镜和/或窗口),该光接收器在将发射器模块连接至输入插座时接收来自发射器模块的输入光束。在各种实施例中,输入插座的使用消除了发射器模块(和/或其中的光束源)与光束组合光学器件外壳之间利用光纤或其他分离连接器的需要。

[0037] 可旋转的安装座225和/或230可以是能够手动调节的,或者在一些实施例中,可以由例如相关联的步进马达(未示出)响应于控制器250。控制器250可以提供为软件、硬件或其某种组合。例如,该系统可以在一个或多个传统的服务器级计算机上实现,例如具有CPU板的PC,该CPU板包含一个或多个处理器,例如由加利福尼亚州圣克拉拉市的英特尔公司制造的Pentium或Celeron系列处理器,由伊利诺伊州绍姆堡的摩托罗拉公司制造的680x0和POWERPC系列处理器,和/或由加利福尼亚州桑尼维尔的Advanced Micro Devices公司制造的ATHLON系列处理器。处理器还可以包括主存储器单元,用于存储与上述方法有关的程序和/或数据。存储器可以包括随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)和/或FLASH存储器,驻留在通常可用的硬件上,例如一个或多个专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)、电气可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、可编程只读存储器(PROM)、可编程逻辑器件(PLD)或只读存储器器件(ROM)。在一些实施例中,可以使用外部RAM和/或ROM(诸如光盘、磁盘以及其他常用的存储设备)来提供程序。对于其中功能作为一个或多个软件程序提供的实施例,所述程序可以用许多高级语言中的任何一种来编写,例如PYTHON、FORTRAN、PASCAL、JAVA、C、C++、C#、BASIC、各种脚本语言和/或HTML。另外,软件可以用指向驻留在靶计算机上的微处理器的汇编语言来实现;例如,如果软件配置为在IBM PC或PC克隆上运行,则可以用Intel 80x86汇编语言实现。所述软件可以实施在制品上,包括但不限于软盘、闪存盘、硬盘、光盘、磁带、PROM、EPROM、EEPROM、现场可编程门阵列或CD-ROM。

[0038] 在各种实施例中,当控制器250引起一个或两个安装座225、230的运动时,可以连续地感测输出光束的一个或多个参数,并且将测量结果用作反馈,使得逐渐达到安装座225、230的最佳旋转位置。例如,可以使用光电探测器或其他光传感器260监视工件表面处

的光束形状、光束直径、NA和/或光通量密度(例如,光束本身的光束特性,或者通过来自工件表面的反射的测量结果),且控制器250可以利用测量值调整安装座225、230的定位。例如,可以将测量的光束特性迭代地与期望的光束特性(例如,一个输入的光束特性或由用户确定的光束特性,和/或由工件的一个或多个属性确定的光束特性和/或将利用激光器加工的类型确定的光束特性)进行比较,且控制器250可以通过例如最小化误差函数来减小或最小化它们之间的差异。在本发明的实施例中,除了光传感器之外或取代光传感器,可以使用其他传感器,例如,热传感器和/或测量光束在工件表面上的影响的传感器(例如,深度或轮廓传感器等)。

[0039] 在各种实施例中,控制器250可以检测由于安装座225、230的各种旋转角度产生的光束形状、NA、光斑尺寸(或其他光束属性),存储结果,并响应于所需的光束属性,例如光束形状、光斑尺寸或NA,利用结果来确定一个或多个合适的设置。这些结果可以在配置为预测由安装座225、230的旋转位置产生的一个或多个光束特性的机器学习模型使用。在各种实施例中,物理/光学建模可以用于预测由安装座225、230的各种旋转位置产生的一个或多个光束特性(例如,光束形状、光斑尺寸和/或NA),并且这样的结果可以至少部分地由控制器250利用来选择这些位置。

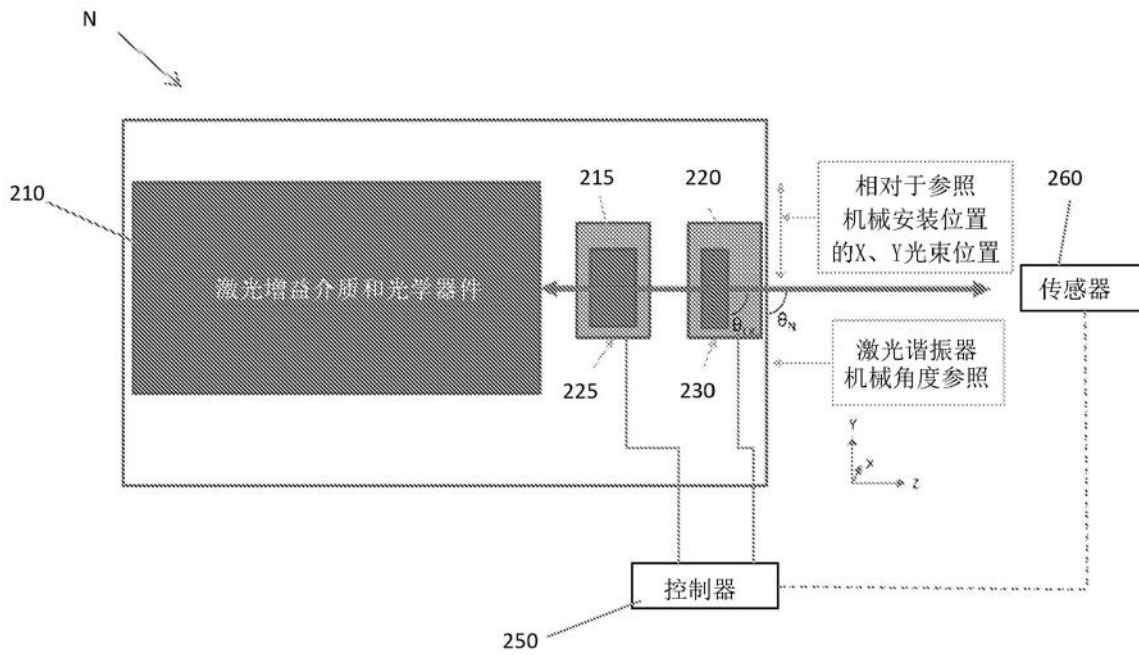
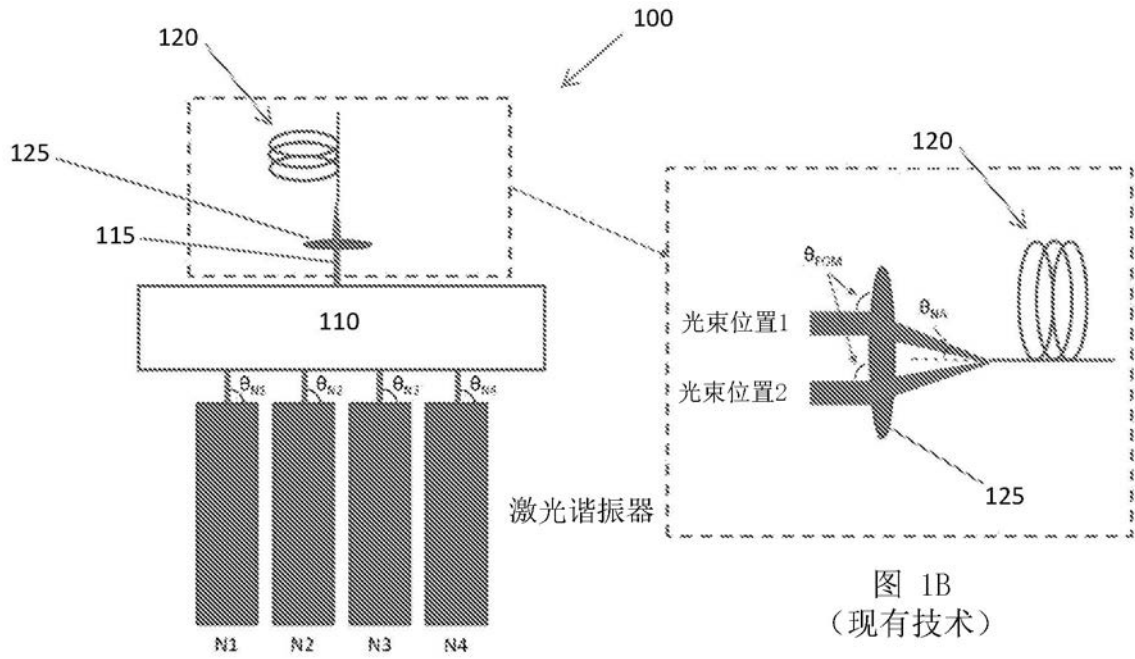
[0040] 根据本发明的实施例,控制器250可以基于所需加工类型(例如,切割、焊接等)和/或待加工工件的一个或多个特征(例如,材料参数、厚度、材料类型等)和/或为输出光束绘制的所需加工路径来控制输出光束的NA、光斑尺寸和/或光束形状。这些加工和/或材料参数可以由用户从与控制器250相关联的存储器中的存储数据库中选择,或者可以经由输入设备(例如,触摸屏、键盘、指点设备(比如计算机鼠标)等)输入。一个或多个加工路径可以由用户提供并存储在与控制器250相关联的板载或远程存储器中。在工件和/或加工路径选择之后,控制器250查询数据库以获得相应的参数值。存储的值可以包括适于材料和/或材料上的一个或多个加工路径或加工位置的光斑尺寸、NA和/或光束形状。本发明的实施例还可以结合到2015年3月5日提交的美国专利申请序列号14/639,401、2016年9月9日提交的美国专利申请序列号15/261,096以及2017年7月14日提交的美国专利申请序列号15/649,841中公开的装置和技术的各实施例中,每个申请的全部公开内容通过引用并入本申请。

[0041] 根据本发明的实施例并在本文中详细描述激光系统和激光传输系统可以用在WBC激光系统中和/或与WBC激光系统一起使用。具体地,在本发明的各种实施例中,WBC激光系统的多波长输出光束可以用作激光束传输系统的输入光束(例如,来自发射器模块N的输出光束),如本文详述的。图3示出了利用一个或多个激光器305的示例性WBC激光系统300。在图3的示例中,激光器305的特征在于二极管条,该二极管条具有发射光束310的四个光束发射器(参见放大的输入视图315),但是本发明的实施例可以利用发射任意数量单独光束的二极管条,或者利用二极管或二极管条的二维阵列或堆叠。在视图315中,每个光束310由线表示,其中该线的长度或较长尺寸表示光束的缓慢发散尺寸(slow diverging dimension),而高度或较短尺寸表示快速发散尺寸(fast diverging dimension)。准直光学器件320可用于沿快速尺寸准直每个光束310。可以使用变换光学器件325沿WBC方向330组合每个光束310,该变换光学器件325可包括一个或多个柱面透镜或球面透镜和/或一个或多个柱面镜或球面镜,基本上由或由一个或多个柱面透镜或球面透镜和/或一个或多个柱面镜或球面镜组成。然后,变换光学器件325将组合光束重叠到色散元件335上(色散元件

335可以包括例如反射或透射衍射光栅、色散棱镜、棱栅(棱镜/光栅)、透射光栅或Echelle光栅,基本上由或者由例如反射或透射衍射光栅、色散棱镜、棱栅(棱镜/光栅)、透射光栅或Echelle光栅组成),再然后,组合光束以单个输出轮廓被传输到输出耦合器340上。然后,如输出前视图350所示,输出耦合器340发送组合的光束345。输出耦合器340通常是部分反射的,并且在该外腔系统300中用作所有激光元件的公共前面。外腔是激光系统,在这里辅助镜在远离每个激光发射器的发射孔或端面的位置处移位。在一些实施例中,附加光学器件放置在发射孔或端面与输出耦合器或部分反射表面之间。因此输出光束345是多波长光束(组合了各个光束310的波长),并且可以用作本文详述的激光束传输系统中的输入光束和/或可以耦合到光纤中。在各种实施例中,根据图3的WBC技术可以在发射器模块N本身中的一个或多个内执行,且因此输出耦合器320可以对应于图2所示的输出耦合器220。因此,根据本发明的实施例,图3中示出的各种其他组件可以存在于发射器模块N内。

[0042] 本文使用的术语和表达用作描述的术语而非限制,并且在使用这些术语和表达时,无意排除所示和所述特征的任何等同物或其部分,而是应当认识到,在所要求保护的发明的范围内可以进行各种修改。

[0043] 权利要求书:



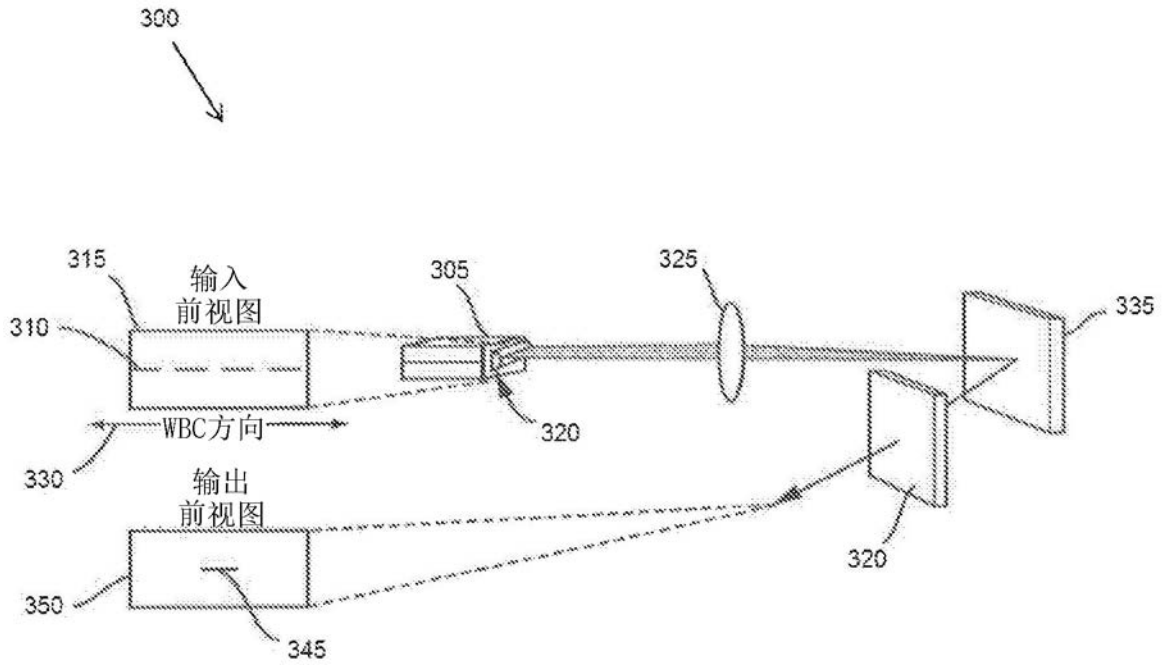


图3