



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112917020 A

(43) 申请公布日 2021.06.08

(21) 申请号 202110140836.1

(22) 申请日 2021.02.02

(71) 申请人 大族激光科技产业集团股份有限公司

地址 518057 广东省深圳市南山区深南大道9988号

申请人 深圳市大族光子激光技术有限公司

(72) 发明人 郭亚银 马淑贞 蔡东鹏 杨继明  
查从文 陈焱 高云峰

(74) 专利代理机构 广州华进联合专利商标代理有限公司 44224

代理人 朱志达

(51) Int.Cl.

B23K 26/38 (2014.01)

B23K 26/70 (2014.01)

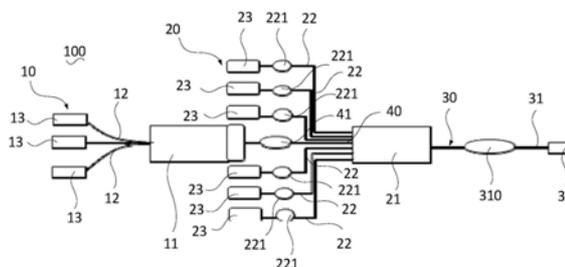
权利要求书1页 说明书10页 附图2页

(54) 发明名称

激光系统

(57) 摘要

本发明涉及一种激光系统,激光系统包括多个依次级联的激光合束模块,每个激光合束模块包括合束器、至少两个激光源及与每个激光源配接的输入光纤,合束器具有合束端及输出端,至少两个激光源通过对应的输入光纤向合束端注入激光,激光系统还包括连接光纤,上一级激光合束模块中合束器的输出端通过连接光纤与下一级激光合束模块中合束器的合束端连接。本发明提供的激光系统具有较佳的切割可靠性。



1. 一种激光系统,其特征在于,所述激光系统包括多个依次级联的激光合束模块,每个所述激光合束模块包括合束器、至少两个激光源及与每个所述激光源配接的输入光纤,所述合束器具有合束端及输出端,所述至少两个激光源通过对应的所述输入光纤向所述合束端注入激光,所述激光系统还包括连接光纤,上一级所述激光合束模块中所述合束器的所述输出端通过所述连接光纤与下一级所述激光合束模块中所述合束器的所述合束端连接。

2. 根据权利要求1所述的激光系统,其特征在于,所述输入光纤包括输入纤芯,所述输入纤芯的数值孔径在0.06~0.25的范围内。

3. 根据权利要求1所述的激光系统,其特征在于,在同一个所述合束器内,所述合束端与所述输出端的拉锥比在3~4的范围内。

4. 根据权利要求1所述的激光系统,其特征在于,所述输出端包括输出纤芯,所述输出纤芯的数值孔径在0.10~0.25的范围内。

5. 根据权利要求1所述的激光系统,其特征在于,所述输入光纤上具有输入剥离部。

6. 根据权利要求1所述的激光系统,其特征在于,所述连接光纤上具有连接剥离部。

7. 根据权利要求1所述的激光系统,其特征在于,还包括激光输出模块,所述激光合束模块包括一级激光合束模块及与所述一级激光合束模块连接的末级激光合束模块,所述激光输出模块包括输出光纤及输出接头,所述输出光纤连接于所述输出接头与所述末级激光合束模块中所述合束器的所述输出端之间。

8. 根据权利要求7所述的激光系统,其特征在于,所述输出光纤由多个多包层的输出光纤单元依次熔接形成。

9. 根据权利要求7所述的激光系统,其特征在于,所述输出光纤上具有输出剥离部。

10. 根据权利要求1所述的激光系统,其特征在于,还包括控制器,所述控制器分别与多个所述激光合束模块电连接,且所述控制器被配置为用于控制多个所述激光合束模块启动。

## 激光系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及激光技术领域,特别是涉及一种激光系统。

### 背景技术

[0002] 随着激光技术的发展,使用激光对金属进行切割的方式也越来越普遍。在激光技术领域,通过激光合束的方式是实现高功率激光输出的重要手段。在一定的功率子模块输入的情况下,激光合束器的输入支路数量是限制高功率激光系统输出的一个重要因数。激光合束器的输入支路数量越多,激光系统输出的功率就越高。但是,随着激光合束器的输入支路数量的增加,激光系统的光束质量劣化的趋势愈加明显,如此,导致激光系统无法有效对金属进行切割,切割的可靠性较低。

### 发明内容

[0003] 基于此,有必要针对传统的激光系统切割的可靠性较低的问题,提供一种具有较佳的切割可靠性的激光系统。

[0004] 一种激光系统,所述激光系统包括多个依次级联的激光合束模块,每个所述激光合束模块包括合束器、至少两个激光源及与每个所述激光源配接的输入光纤,所述合束器具有合束端及输出端,所述至少两个激光源通过对应的所述输入光纤向所述合束端注入激光,所述激光系统还包括连接光纤,上一级所述激光合束模块中所述合束器的所述输出端通过所述连接光纤与下一级所述激光合束模块中所述合束器的所述合束端连接。

[0005] 在其中一实施例中,所述输入光纤包括输入纤芯,所述输入纤芯的数值孔径在0.06~0.25的范围内。

[0006] 在其中一实施例中,在同一个所述合束器内,所述合束端与所述输出端的拉锥比在3~4的范围内。

[0007] 在其中一实施例中,所述输出端包括输出纤芯,所述输出纤芯的数值孔径在0.10~0.25的范围内。

[0008] 在其中一实施例中,所述输入光纤上具有输入剥离部。

[0009] 在其中一实施例中,所述连接光纤上具有连接剥离部。

[0010] 在其中一实施例中,还包括激光输出模块,所述激光合束模块包括一级激光合束模块及与所述一级激光合束模块连接的末级激光合束模块,所述激光输出模块包括输出光纤及输出接头,所述输出光纤连接于所述输出接头与所述末级激光合束模块中所述合束器的所述输出端之间。

[0011] 在其中一实施例中,所述输出光纤由多个多包层的输出光纤单元依次熔接形成。

[0012] 在其中一实施例中,所述输出光纤上具有输出剥离部。

[0013] 在其中一实施例中,还包括控制器,所述控制器分别与多个所述激光合束模块电连接,且所述控制器被配置为用于控制多个所述激光合束模块启动。上述激光系统,上一级的激光源注入至上一级的合束端内的激光,在合束器内合束后,经连接光纤注入至下一级

激光合束模块中合束器的合束端,通过设置多个依次级联的激光合束模块,将多个激光输入支路分别分布至多个激光合束模块内,在可提升激光束输出功率的同时,还可将每个激光合束模块内的激光输入支路控制在合理的范围内,以防止输出的激光束质量劣化,使得激光系统具有较佳的切割可靠性。

### 附图说明

[0014] 图1为本发明一实施例中激光系统的结构示意图;

[0015] 图2为图1所示的一级合束器的结构示意图;

[0016] 图3为图1所示的二级合束器的结构示意图。

[0017] 附图说明:

[0018] 100、激光系统;10、一级激光合束模块;11、一级合束器;111、一级合束端;112、一级输出端;1121、一级输出纤芯;1123、一级输出包层;113、一级玻璃管;114、一级合束光纤;115、第一拉锥段;1152、第一拉锥纤芯;1154、第一拉锥包层;116、第二拉锥段;12、一级输入光纤;13、一级激光源;20、二级激光合束模块;21、二级合束器;211、二级合束端;212、二级输出端;2121、二级输出纤芯;2123、二级输出包层;2125、外输出包层;213、二级玻璃管;214、二级合束光纤;215、中间合束光纤;22、二级输入光纤;221、二级剥离部;23、二级激光源;30、激光输出模块;31、输出光纤;310、输出剥离部;32、输出接头;40、连接光纤;41、连接剥离部。

### 具体实施方式

[0019] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图对本发明的具体实施方式做详细的说明。在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明。但是本发明能够以很多不同于在此描述的其它方式来实施,本领域技术人员可以在不违背本发明内涵的情况下做类似改进,因此本发明不受下面公开的具体实施例的限制。

[0020] 在本发明的描述中,需要理解的是,术语“中心”、“纵向”、“横向”、“长度”、“宽度”、“厚度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”、“顺时针”、“逆时针”、“轴向”、“径向”、“周向”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0021] 此外,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。在本发明的描述中,“多个”的含义是至少两个,例如两个,三个等,除非另有明确具体的限定。

[0022] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或成一体;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系,除非另有明确的限定。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0023] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,第一特征在第二特征“上”或“下”可以

是第一和第二特征直接接触,或第一和第二特征通过中间媒介间接接触。而且,第一特征在第二特征“之上”、“上方”和“上面”可是第一特征在第二特征正上方或斜上方,或仅仅表示第一特征水平高度高于第二特征。第一特征在第二特征“之下”、“下方”和“下面”可以是第一特征在第二特征正下方或斜下方,或仅仅表示第一特征水平高度小于第二特征。

[0024] 需要说明的是,当元件被称为“固定于”或“设置于”另一个元件,它可以直接在另一个元件上或者也可以存在居中的元件。当一个元件被认为是“连接”另一个元件,它可以是直接连接到另一个元件或者可能同时存在居中元件。本文所使用的术语“垂直的”、“水平的”、“上”、“下”、“左”、“右”以及类似的表述只是为了说明的目的,并不表示是唯一的实施方式。

[0025] 请参阅图1,本申请提供一种激光系统100,该激光系统100可用于切割。激光系统100包括多个依次级联的激光合束模块,每个激光合束模块包括合束器、至少两个激光源及与每个激光源配接的输入光纤,合束器具有合束端及输出端,至少两个激光源通过对应的输入光纤向合束端注入激光,激光系统100还包括连接光纤40,上一级激光合束模块中合束器的输出端通过连接光纤40与下一级激光合束模块中合束器的合束端连接。

[0026] 上述激光系统100,上一级的激光源在本级的合束器内合束后,经连接光纤40注入至下一级激光合束模块中合束器的合束端。通过设置多个依次级联的激光合束模块,将可提升激光系统100输出的激光束输出功率的激光输入支路分别分布至多个激光合束模块内,在可提升激光束输出功率的同时,还可将每个激光合束模块内的激光输入支路控制在合理的范围内,以防止输出的激光束质量劣化,使得激光系统100具有较佳的切割可靠性。可以理解地,在激光系统100切割的过程中,若切割的能量密度较小,则激光系统100切割的厚度有限,甚至有可能无法进行有效切割。而激光束质量的优劣决定了切割的能量密度的密集程度。若激光束质量优,则能量密度大,切割的厚度更深,若激光束质量劣,则能量密度小,切割的厚度较浅。

[0027] 具体地,在每个激光合束模块中,每个激光源与对应的输入光纤构成一条激光输入支路,激光输入支路越多,激光系统100输出的激光束的功率也越大,以满足激光系统100大功率输出的需求。在不考虑激光系统100中的激光在传输过程中的损耗的前提下,输出的激光束的功率为每个输入支路的功率之和。在传统的激光系统100中,仅具有一个激光合束模块,假设在激光合束模块中,激光输入支路在1条至7条的范围内,激光光束质量随着激光输入支路的增加而增加,当激光输入支路等于8条或者大于8条时,激光光束质量随着激光输入支路的增加而减少,那么,在本申请中,可将8条激光输入支路分布到多个激光合束模块中,以使得每个激光合束模块内的激光输入支路均在小于8条的范围内,这样,在可增加激光束的输出功率的前提下还可避免光束质量劣化,使得激光系统100具有较好的切割效果。可以理解地,随着激光输入支路的增多,激光合束模块的数量也可适应性的增大或者保持不变,仅需保证激光系统100在可输出高功率激光的同时,还具有较佳的光束质量即可。

[0028] 可选地,在激光系统100中,激光合束模块可以为两个甚至更多个,以下实施例均以激光合束模块为两个,连接光纤40为一个为例进行说明。具体地,激光合束模块包括依次级联的一级激光合束模块10及二级激光合束模块20,一级激光合束模块10内的合束器、激光源及输入光纤分别命名为一级合束器11、一级激光源13、一级输入光纤12;可以理解地,一级激光合束模块10包括一级合束器11,至少两个一级激光源13及与每个一级激光源13配

接的一级输入光纤12,一级合束器11具有一级合束端111及一级输出端112,至少两个一级激光光源13通过对应的一级输入光纤12向一级合束端111注入激光;二级激光合束模块20内的合束器、激光光源及输入光纤分别命名为二级合束器21、二级激光光源23、二级输入光纤22;可以理解地,二级激光合束模块20包括二级合束器21、至少两个二级激光光源23及与每个二级激光光源23配接的二级输入光纤22,二级合束器21具有二级合束端211及二级输出端212,至少两个二级激光光源23通过对应的二级输入光纤22向二级合束端211注入激光。激光系统100还包括连接光纤40,一级激光合束模块10中一级合束器11的一级输出端112通过连接光纤40与二级激光合束模块20中二级合束器21的二级合束端211连接。

[0029] 激光系统100工作时,多个激光合束模块可均同时启动,或者部分同时启动,或者均异步启动。以激光合束模块为两个为例,激光系统100存在三种工作模式,第一种工作模式为一级激光合束模块10内的至少两个一级激光光源13启动,一级激光光源13发射的激光均通过与之对应的一级输入光纤12汇入至一级合束器11,并在一级合束器11进行合束,以形成功率较大的激光束,而后经二级合束器21输出。具体地,在第一种工作模式下,激光的传播路径为一级激光光源13→一级合束器11→二级合束器21→外部。第二种工作模式为二级激光合束模块20内的至少两个二级激光光源23启动,二级激光光源23发射的激光均通过与之对应的二级输入光纤22汇入至二级合束器21,并在二级合束器21进行合束,形成功率较大的激光束,而后从二级合束器21的二级输出端212输出至外部。具体地,在第二种工作模式下,激光的传播路径为二级激光光源23→二级合束器21→外部。第三种工作模式为一级激光合束模块10及二级激光合束模块20同时启动,一级激光合束模块10内的至少两个一级激光光源13启动,至少两个一级激光光源13发射的激光均通过与之对应的一级输入光纤12汇入至一级合束器11,并在一级合束器11进行合束,以形成功率较大的激光束,而后汇入至二级合束器21,与此同时,二级激光合束模块20内的至少两个二级激光光源23启动,至少两个二级激光光源23发射的激光均通过与之对应的二级输入光纤22汇入至二级合束器21,并在二级合束器21与一级合束器11输入的激光进行合束,以形成功率更大的激光束,而后从二级合束器21的二级输出端212输出至外部。

[0030] 上述一级激光合束模块10启动时,若一级激光合束模块10内包括多个一级激光光源13,多个一级激光光源13可同时启动,也可以仅部分启动,仅需保证一级激光合束模块10启动时,至少有两个一级激光光源13启动即可。上述二级激光合束模块20启动时,若二级激光合束模块20内包括多个二级激光光源23,多个二级激光光源23可同时启动,也可以仅部分启动,仅需保证二级激光合束模块20启动时,至少有两个二级激光光源23可以启动即可。

[0031] 具体地,一级激光光源13可以为两个或者更多个,对应地,一级输入光纤12也可以为两个或者更多个,一级输入光纤12与一级激光光源13数量相等并一一对应;同样地,二级激光光源23可以为两个或者更多个,对应地,二级输入光纤22也可以为两个或者更多个,二级输入光纤22与二级激光光源23数量相等并一一对应。

[0032] 具体地,输入光纤包括输入纤芯及包覆于输入纤芯的输入包层,输入纤芯的直径在 $10\mu\text{m}\sim 55\mu\text{m}$ 的范围内,输入包层的直径在 $120\mu\text{m}\sim 255\mu\text{m}$ 的范围内。对应地,在一级激光合束模块10中,一级输入光纤12包括一级输入纤芯及包覆于一级输入纤芯的一级输入包层,二级输入光纤22包括二级输入纤芯及包覆于二级输入纤芯的二级输入包层,一级输入纤芯及二级输入纤芯的直径均在 $10\mu\text{m}\sim 55\mu\text{m}$ 的范围内,一级输入包层及二级输入包层的直径均在

120 $\mu\text{m}$ ~255 $\mu\text{m}$ 的范围内。

[0033] 进一步地,输入纤芯的数值孔径在0.06~0.25的范围内。也就是说,一级输入纤芯及二级输入纤芯的数值孔径均在0.06~0.25的范围内。具体地,输入纤芯的数值孔径的大小决定了输入纤芯的锁定激光能力的大小,数值孔径越大,锁定激光的能力越弱,数值孔径越小,锁定激光的能力越大。在一级激光合束模块10中,一级激光源13发射的激光是通过一级输入纤芯传输至一级合束器11内的,在二级激光合束模块20中,二级激光源23发射的激光是通过二级输入纤芯传输至二级合束器21内的,通过设置输入纤芯的数值孔径在0.06~0.25的范围内,使得一级激光源13发射的激光在经过一级输入纤芯,以及二级激光源23发射的激光在经过二级输入纤芯的过程中损耗较小,从而使得激光系统100具有较大的输出功率。

[0034] 在一实施例中,在同一个合束器内,合束端与输出端的拉锥比在3~4的范围内。在该拉锥比下,经合束器合束形成的激光束具有较佳的光束质量,以便于提升激光系统100切割的可靠性。具体地,合束端与输出端的拉锥比在3~4的范围内表示的为:每个激光合束模块内,每个合束器的合束端与输出端的拉锥比均在3~4的范围内。例如,激光系统100包括一级激光合束模块10及二级激光合束模块20,一级合束端111与一级输出端112,以及二级合束端211与二级输出端212的拉锥比均在3~4的范围内。

[0035] 请一并参阅图2,输出端包括输出纤芯及包覆于输出纤芯的输出包层。可以理解地,一级输出端112包括一级输出纤芯1121及包覆于一级输出纤芯1121的一级输出包层1123,一级激光源13发射的激光均沿与之对应的一级输入光纤12的一级输入纤芯传输至一级合束端111。以一级激光源13及一级输入光纤12均为三个为例,对应地,一级合束器11包括一级玻璃管113及三个一级合束光纤114,一级合束光纤114包括一级合束纤芯及包覆于一级合束纤芯的一级合束包层(一级合束纤芯的直径可等于或大于一级输入纤芯),一级合束包层与一级输入包层可相同或不同,三个一级合束纤芯与三个一级输入纤芯一一对应并连接,三个一级合束包层与三个一级输入包层一一对应并连接。可以理解地,一级合束纤芯也可以为与之对应的一级输入纤芯的延伸部分,一级合束包层也可以为与之对应的一级输入包层的延伸部分。值得一提的是,通常情况下,合束器的合束端一般为3个支路,7个支路,12个支路,19个支路等,以便于内部排列,因此,一级合束光纤114的数量也一般为3个,7个,12个,19个支路等。对应地,一级合束光纤114应与一级输入光纤12的数量相等,则一级输入光纤12的数量也一般为3个,7个,12个,19个支路等,而一级玻璃管113为一个。

[0036] 三个一级合束光纤114穿设并紧密的排布于一级玻璃管113内,通过对一级玻璃管113及三个一级合束光纤114采用腐蚀、拉锥及熔接的方式形成依次连接的一级合束端111,第一拉锥段115、第二拉锥段116及一级输出端112。

[0037] 可以理解地,一级合束端111与一级输出端112的拉锥比,即为一级玻璃管113的内径与一级输出纤芯1121的直径之比。可以理解地,一级玻璃管113的内径为可容纳三个一级合束光纤114的前提下,所具有的最小的内径。

[0038] 为满足上述拉锥比,在一级合束端111,两个一级合束光纤114内的一级合束包层通过拉锥或者腐蚀的方式使得各自的直径减小,以方便三个一级合束光纤114可穿设于一级玻璃管113内,但一级玻璃管113的直径不变;在第一拉锥段115,三个一级合束光纤114穿设于一级玻璃管113,且三个一级合束光纤114的一级合束纤芯及三个一级合束光纤114的

一级合束包层合束,形成第一拉锥段115的第一拉锥纤芯1152,一级玻璃管113形成第一拉锥段115的第一拉锥包层1154;在第二拉锥段116,三个一级合束光纤114穿设于一级玻璃管113,三个一级合束光纤114的一级合束纤芯及三个一级合束光纤114的一级合束包层合束,形成第二拉锥段116的第二拉锥纤芯,一级玻璃管113形成第二拉锥段116的第二拉锥包层,在拉锥的过程中,第二拉锥包层的直径相较于一级合束端111的一级玻璃管113的直径可能相等,也可能更小;在一级输出端112,三个一级合束光纤114的一级合束纤芯及三个一级合束光纤114的一级合束包层合束,形成一级输出纤芯1121,一级玻璃管113形成一级输出包层1123;而且,一级输出纤芯1121与第一拉锥纤芯1152直径可相等也可不等,与第二拉锥纤芯直径可相等也可不等,但小于一级合束端111的一级玻璃管113的直径。

[0039] 具体地,如图2所示,在图2中,显示了一级合束端111沿一级合束器11的径向的剖面图,第一拉锥段115沿一级合束器11的轴向的剖面图,其中,在第一拉锥纤芯1152中的箭头方向表示的为激光的传输方向,此外,还显示了一级输出端112沿一级合束器11的轴向的剖面图。

[0040] 当然,当一级输入光纤12及一级激光源13的数量发生变化时,一级合束器11内的一级合束光纤114的数量也发生变化,一级合束光纤114应始终与一级输入光纤12的数量相等。

[0041] 请一并参阅图3,以二级激光源23及二级输入光纤22均为六个,连接光纤40及一级合束器11均为一个为例,连接光纤40包括连接输入纤芯及包覆于连接输入纤芯的连接输入包层,连接输入纤芯与一级输出纤芯1121完全相同,且连接输入纤芯的一端与一级输出纤芯1121连接,连接输入包层与一级输出包层1123完全相同,且连接输入包层的一端与一级输出包层1123连接,二级输入光纤22包括二级输入纤芯及包覆于二级输入纤芯的二级输入包层,二级输出端212包括二级输出纤芯2121及包覆于二级输出纤芯2121的二级输出包层2123,一级合束器11输出的激光沿连接输入纤芯传输至二级合束器21。二级合束器21包括二级玻璃管213、六个二级合束光纤214及一个中间合束光纤215,二级合束光纤214包括二级合束纤芯及包覆于二级合束纤芯的二级合束包层,二级合束纤芯与二级输入纤芯可相同或不同,二级合束包层与二级输入包层可相同或不同,六个二级合束纤芯与六个二级输入纤芯一一对应并连接,六个二级合束包层与六个二级输入包层一一对应并连接。可以理解地,二级合束纤芯也可以为与之对应的二级输入纤芯的延伸部分,二级合束包层也可以为与之对应的二级输入包层的延伸部分。中间合束光纤215包括中间合束纤芯及包覆于中间合束纤芯的中间合束包层,中间合束纤芯与连接输入纤芯可相同或不同,中间合束纤芯与连接输入纤芯连接,中间合束包层与连接输入包层可相同或不同,中间合束包层与连接输入包层连接,可以理解地,中间合束纤芯也可以为与之对应的连接输入纤芯的延伸部分,中间合束包层也可以为与之对应的连接输入包层的延伸部分。

[0042] 六个二级合束光纤214及一个中间合束光纤215穿设并紧密排布于二级玻璃管213内,且六个二级合束光纤214沿中间合束光纤215的周向与中间合束光纤215紧密排布于二级玻璃管213内。通过分别对二级玻璃管213、六个二级合束光纤214及一个中间合束光纤215采用腐蚀、拉锥及熔接的方式形成依次连接二级合束端211,第三拉锥段及二级输出端212。可以理解地,二级合束端211与二级输出端212的拉锥比,即为二级玻璃管213的内径与二级输出纤芯2121的直径之比。可以理解地,二级玻璃管213的内径为可容纳六个二级合束

光纤214及一个中间合束光纤215的前提下,所具有的最小的内径。

[0043] 为满足该拉锥比,在二级合束端211,六个二级合束光纤214内的二级合束包层及一个中间合束光纤215内的中间合束包层通过拉锥或者腐蚀的方式使得各自的直径减小,以方便六个二级合束光纤214及一个中间合束光纤215可穿设于二级玻璃管213内,但二级玻璃管213的直径可不变;在第三拉锥段,六个二级合束光纤214及一个中间合束光纤215穿设于二级玻璃管213,一个中间合束光纤215形成第三拉锥段的第三拉锥纤芯,六个二级合束光纤214合束形成包覆于第三拉锥纤芯的第三拉锥包层,二级玻璃管213形成包覆于第三拉锥包层的第四拉锥包层。二级输出端212与第三拉锥段相同,而且,二级输出纤芯2121与第三拉锥纤芯直径相等,二级输出包层2123与第三拉锥包层直径相等,二级输出端212还具有外输出包层2125,外输出包层2125与第四拉锥包层直径相等,且小于二级合束端211的二级玻璃管213的直径。从一级合束器11内输出的激光经连接输入纤芯、中间合束纤芯、第三拉锥纤芯及二级输出纤芯2121输出,从二级激光源23发射的激光经二级输入纤芯,二级合束纤芯、第三拉锥包层及二级输出包层2123输出。

[0044] 具体地,如图3所示,在图3中,显示了二级合束端211沿二级合束器21的径向的剖面图,二级输出端212沿二级合束器21的轴向的剖面图,其中,在二级输出端212中的箭头方向表示的为二级激光源23发射的激光的传输方向。

[0045] 当然,当二级输入光纤22及二级激光源23的数量发生变化时,二级合束器21内的二级合束光纤214的数量也发生变化,二级合束光纤214应与二级输入光纤22的数量相等,中间合束光纤215应与连接光纤40的数量相等。

[0046] 具体地,输出纤芯的直径在 $45\mu\text{m}\sim 105\mu\text{m}$ 的范围内,输出包层的直径在 $120\mu\text{m}\sim 255\mu\text{m}$ 的范围内。可以理解地,一级输出纤芯1121及二级输出纤芯2121的直径均在 $45\mu\text{m}\sim 105\mu\text{m}$ 的范围内,一级输出包层1123及二级输出包层2123的直径均在 $120\mu\text{m}\sim 255\mu\text{m}$ 的范围内。在该范围内,且在一级合束端111与一级输出端112,以及二级合束端211与二级输出端212的拉锥比在3~4的范围内的前提下,从一级合束器11输出的激光束,以及从二级合束器21输出的激光束均具有较佳的光束质量。可选地,一级玻璃管113的外径在 $125\mu\text{m}\sim 360\mu\text{m}$ 的范围内,可选地,二级玻璃管213的外径在 $250\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$ 的范围内。

[0047] 可选地,一级输入光纤12的个数较佳地为三个,一级激光源13的个数为三个,二级输入光纤22的个数较佳地为六个,二级激光源23的个数为六个,任意相邻的两个激光合束模块之间均通过一个连接光纤40连接,在该实施例下,二级合束器11输出的激光束具有较佳的光束质量。

[0048] 综上所述,整个激光系统100输出的激光束具有较佳的光束质量。

[0049] 进一步地,输出纤芯的数值孔径在0.10~0.25的范围内。可以理解地,一级输出纤芯与二级输出纤芯的数值孔径均在0.10~0.25的范围内。因此,一级激光源13输出的激光经过一级合束器11及二级合束器21的过程中损耗较小且具有较佳的光束质量,二级激光源23输出的激光经过二级合束器21的过程中损耗也较小且具有较佳的光束质量。

[0050] 需要说明的是,在一级合束端111,一级合束光纤114的一级合束纤芯的数值孔径与一级输入纤芯的数值孔径相等,第一拉锥纤芯1152及第二拉锥纤芯的数值孔径分别与一级输出纤芯1121的数值孔径相等。

[0051] 在一实施例中,输入光纤上设置有输入剥离部。具体地,每个一级输入光纤12上均

设置有一级剥离部(图未示),每个二级输入光纤232上均设置有二级剥离部221。具体地,一级剥离部用于剥离与之对应的一级输入光纤12中一级输入包层内的激光。假设一级输入包层内存在激光,则将导致一级合束光纤114在第一拉锥段115进行合束的过程中具有较差的合束可靠性。而通过设置一级剥离部,可有效剥离一级输入包层内的激光,使得一级合束器11具有较佳的合束可靠性。具体地,一级输入光纤12还包括一级涂覆层,一级涂覆层包覆于一级输入包层上,一级输入光纤12的部分区域直接将一级涂覆层剥除形成一级剥离部,这样,激光从一级激光源13流经一级剥离部的过程中可被剥离。而通过在一级输入光纤12上直接形成一级剥离部的方式,相较于通过熔接的方式将一剥离器与一级输入光纤12连接而言,具有更少的熔接点,故可有效减少激光从熔接点处折射至一级输入包层,以便于减少包层光的产生,使得输入至一级合束器11内的激光具有较大的功率。

[0052] 二级剥离部221用于剥离二级输入光纤22内的二级输入包层内的激光,这样,可防止二级输入包层内的激光传输至二级玻璃管213内,从而使得二级合束器21具有较佳的合束可靠性。具体地,二级输入光纤22还包括二级涂覆层,二级涂覆层包覆于二级输入包层上,通过在二级输入光纤22上的部分区域直接将二级涂覆层剥除直接形成二级剥离部221的方式,相较于通过熔接的方式将一剥离器与二级输入光纤22连接而言,具有更少的熔接点,故可有效减少二级激光合束模块20的包层光的产生,使得二级合束器21输出的激光具有较大的功率。

[0053] 进一步地,连接光纤40上具有连接剥离部41,连接剥离部41用于剥离连接光纤40中连接输入包层内的激光,这样,可防止连接输入包层及内的激光传输至二级玻璃管213内,使得二级合束器21具有较佳的合束可靠性。具体地,连接光纤40还包括连接涂覆层,连接涂覆层包覆于连接输入包层上,连接光纤40的部分区域直接将连接涂覆层剥除形成连接剥离部41,通过在连接光纤40上直接形成连接剥离部41,相较于通过熔接的方式将一剥离器与连接光纤40连接而言,连接光纤40具有更少的熔接点,故可有效减少连接光纤40内包层光的产生,使得二级合束器21输出的激光具有较大的功率。

[0054] 在一实施例中,激光系统100还包括激光输出模块30,激光合束模块包括一级激光合束模块10及与一级激光合束模块10连接的末级激光合束模块,激光输出模块30包括输出光纤31及输出接头32,输出光纤31连接于输出接头32与末级激光合束模块的合束器的输出端之间。以激光合束模块包括两级激光合束模块为例,两级激光合束模块中的二级激光合束模块20即为末级激光合束模块,末级激光合束模块中合束器的输出端即为二级输出端212,输出光纤31连接于二级输出端212与输出接头32之间。从二级合束器21的二级输出端212输出的激光束经输出光纤31传输至输出接头32并用于焊接。

[0055] 具体地,输出光纤31由多个多包层的输出光纤单元依次熔接形成。具体地,多个多包层的输出光纤单元依次首尾熔接形成输出光纤31。输出光纤单元均包括终极输出纤芯、终极输出包层及终极输出涂覆层(图未示),终极输出包层包覆于终极输出纤芯的外部,终极输出涂覆层包覆于终极输出包层的外部,并使用绝缘的橡胶件制成。一般地,终极输出纤芯及终极输出涂覆层均为一层,终极输出包层可以为一层或者多层,单包层的输出光纤单元是指仅具有一层终极输出包层的输出光纤单元,N包层的输出光纤单元是指具有N层终极输出包层的输出光纤单元。激光从二级合束器21输入至输出光纤31时,一级激光源13输出的激光在终极输出纤芯内传播,终极输出纤芯与二级输出纤芯2121完全相同,二级激光源

23输出的激光在最靠近终极输出纤芯的终极输出包层中传输,且该终极输出包层与二级输出包层2123完全相同。由于输出光纤31由多个多包层的输出光纤单元依次首尾熔接形成,则在激光经过相邻的两个输出光纤单元的熔接点时,激光容易从熔接点沿输出光纤单元的径向向外泄露。而通过设置多个多包层的输出光纤单元依次首尾熔接形成输入光纤,假定输出光纤单元由多个两包层的输出光纤单元熔接形成,定义包覆于输出纤芯的包层为第一包层,包覆于第一包层的为第二包层,二级激光源23发射的光束在第一包层传输,激光经过熔接点时,由于第二包层的设置,沿第一包层传输的激光可由第一包层折射至第二包层,这样,可防止激光与输出涂覆层接触而导致输出涂覆层燃烧,使得激光焊接装置具有较佳的安全可靠性。

[0056] 进一步地,输出光纤31上具有输出剥离部310。输出剥离部310用于剥离最为靠近终极输出涂覆层的终极输出包层内的激光,以防止最为靠近终极输出涂覆层的终极输出包层内的激光在经过熔接点的过程中折射至终极输出涂覆层而引燃涂覆层。具体地,输出剥离部310由输出光纤31上的部分区域直接剥离形成。该种方式相较于通过熔接的方式将一剥离器与输出光纤31连接而言,具有更少的熔接点,故可有效减少激光从熔接点处折射至外部,从而使得激光系统100输出的激光具有较大的功率。

[0057] 在一实施例中,激光系统100还包括控制器(图未示),控制器分别与多个激光合束模块电连接,且控制器被配置为用于控制多个激光合束模块启动。具体地,控制器与每个激光合束模块内的每个激光源电连接,并用于控制任意两个激光合束模块同步或者异步启动,且控制每个激光合束模块内的多个激光源同步或者异步启动。以激光合束模块包括一级激光合束模块10及二级激光合束模块20为例,控制与一级激光合束模块10及二级激光合束模块20电连接,且控制器被配置为用于控制一级激光合束模块10及二级激光合束模块20同步或者异步启动。具体地,控制器与每个一级激光源13及每个二级激光源23电连接,并用于控制一级激光源13及二级激光源23同步或者异步启动。具体地,当处于第一种工作模式下,控制器控制一级激光合束模块10内的部分或者全部一级激光源13启动,一级激光源13发射的激光经一级合束器11及二级合束器21从输出光纤31的输出纤芯输出,并形成高亮度光斑;当处于第二中工作模式下,控制器控制二级激光合束模块20内的全部二级激光源23启动,二级激光源23发射的激光经二级合束器21从输出光纤31的第一包层输出,并形成环形光斑,当然,在这个模式中,控制器也可控制二级激光合束模块20内的部分二级激光源23启动,但是形成的光斑为弧形光斑;当处于第三种工作模式下,控制器控制一级激光合束模块10内的部分或者全部一级激光源13启动,且控制二级激光合束模块20内的部分或者全部二级激光源23启动,一级激光源13发射的激光经一级合束器11在二级合束器21内与二级激光源23发射的激光进行耦合后,分别从输出纤芯及第一包层输出,并形成大芯径光斑。通过设置控制器,可控制一级激光合束模块10及二级激光合束模块20同步或者异步启动,以适应不同的切割需求。

[0058] 上述激光系统100,上一级的激光源注入至上一级的合束端内的激光,在合束器内合束后,经连接光纤40注入至下一级激光合束模块中合束器的合束端,通过设置多个依次级联的激光合束模块,将多个激光输入支路分别分布至多个激光合束模块内,在可提升激光束输出功率的同时,还可将每个激光合束模块内的激光输入支路控制在合理的范围内,以防止输出的激光束质量劣化,使得激光系统具有较佳的切割可靠性。

[0059] 以上所述实施例的各技术特征可以进行任意的组合,为使描述简洁,未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述,然而,只要这些技术特征的组合不存在矛盾,都应当认为是本说明书记载的范围。

[0060] 以上所述实施例仅表达了本发明的几种实施方式,其描述较为具体和详细,但不能因此而理解为对发明专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本发明的保护范围。因此,发明专利的保护范围应以所附权利要求为准。

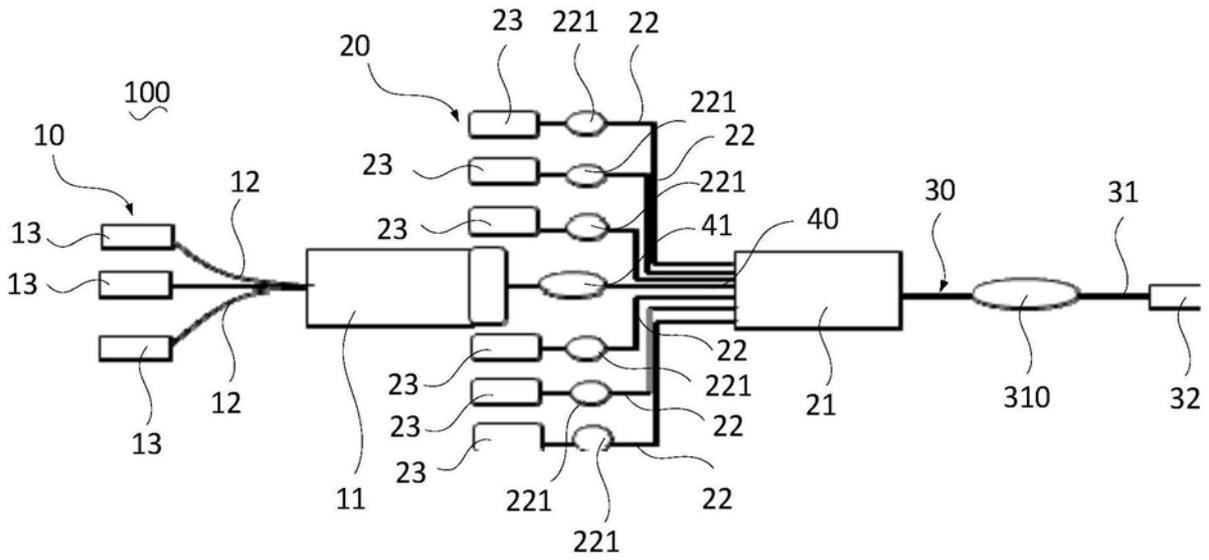


图1

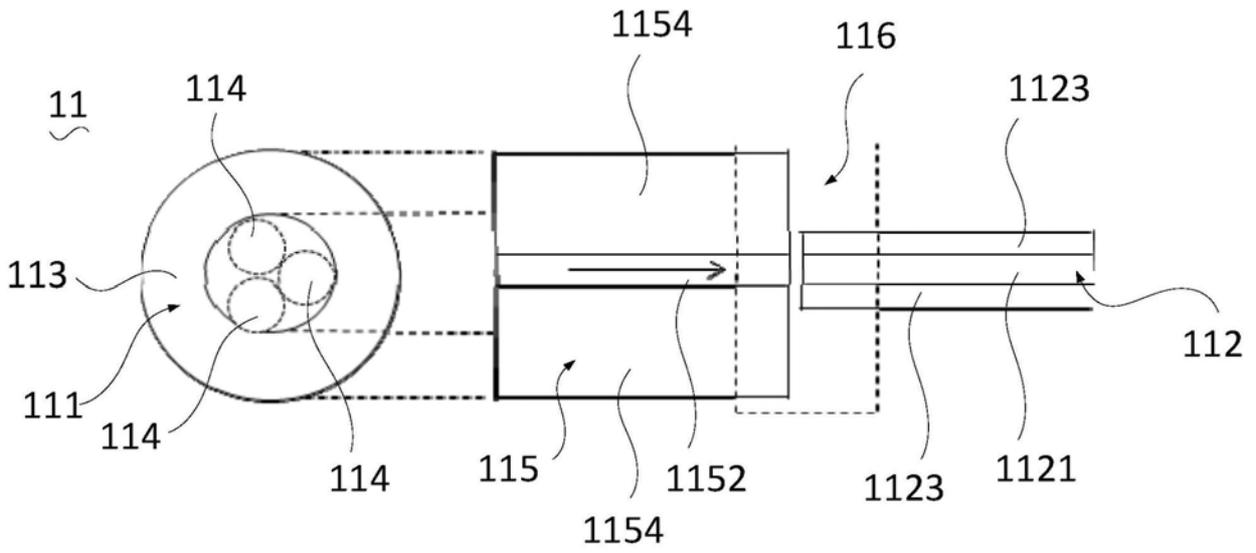


图2

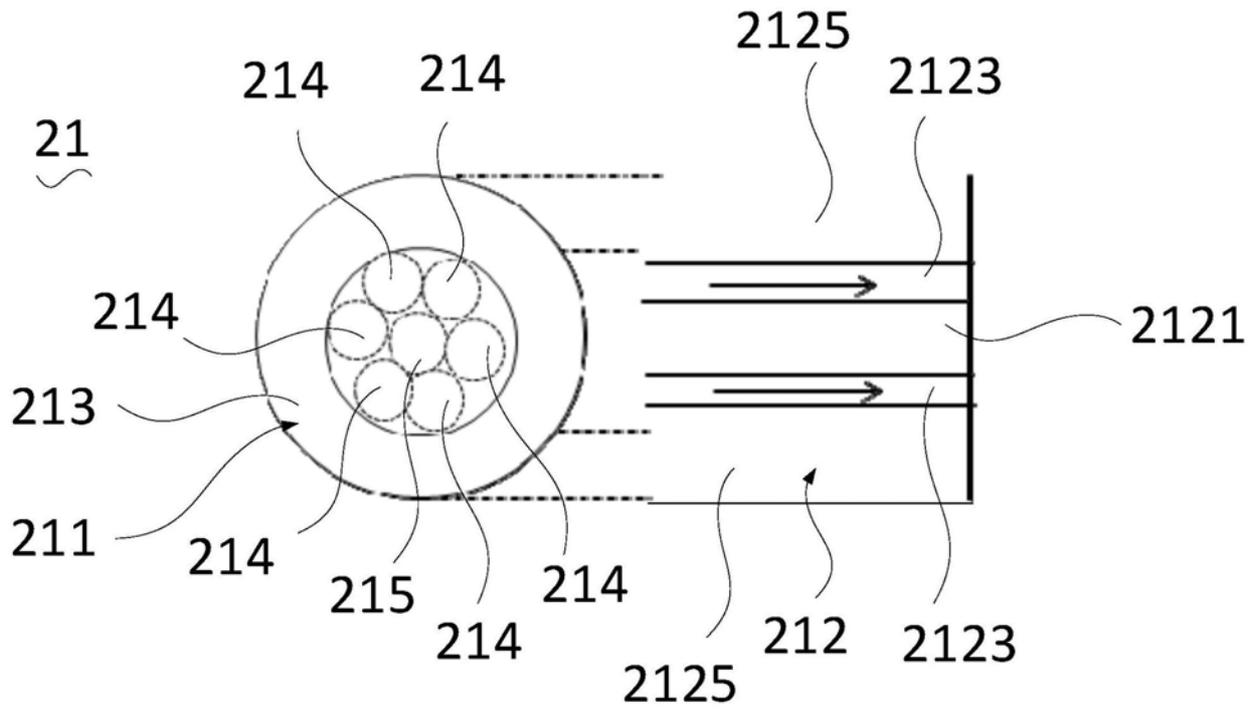


图3