



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108390246 B

(45) 授权公告日 2024. 10. 15

(21) 申请号 201810403428.9

H01S 3/094 (2006.01)

(22) 申请日 2018.04.28

G02B 6/255 (2006.01)

H01S 5/042 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108390246 A

(43) 申请公布日 2018.08.10

(73) 专利权人 无锡源清瑞光激光科技有限公司

地址 214000 江苏省无锡市滨湖区建筑西路777号A3幢15层

(72) 发明人 戈燕 陈鹏 许平平 宗有刚

李同宁 游毓麒

(56) 对比文件

CN 208173997 U, 2018.11.30

EP 2991176 A1, 2016.03.02

CN 107608267 A, 2018.01.19

CN 107732654 A, 2018.02.23

US 2017155225 A1, 2017.06.01

US 4479706 A, 1984.10.30

审查员 张展搏

(74) 专利代理机构 无锡市汇诚永信专利代理事

务所(普通合伙) 32260

专利代理师 张欢勇

(51) Int. Cl.

H01S 3/067 (2006.01)

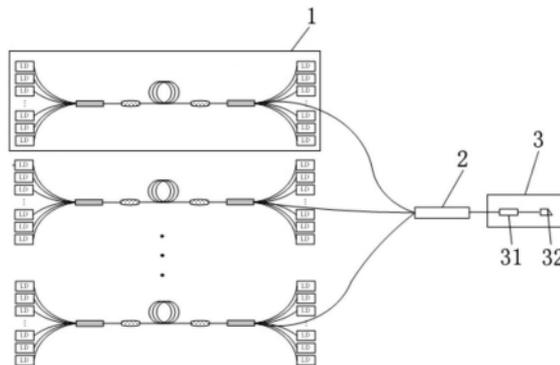
权利要求书3页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

一种模块化合束的准连续光纤激光器

(57) 摘要

本发明涉及光纤激光器技术领域,尤其涉及一种模块化合束的准连续光纤激光器,包括多个光纤激光器模块、合束装置和输出装置;每个光纤激光器模块包括N+M个泵浦激光器、第一合束器、高反光栅、增益光纤、低反光栅和第二合束器,所述合束装置包括多根输入光纤和一根输出光纤,所述输出装置包括包层光剥除器和光纤输出头;本发明先利用设在双侧的泵浦激光器激励增益光纤产生激光,形成光纤激光器模块,再利用“模块化”的思路,利用合束装置将多个相同的光纤激光器模块产生的多束激光进行合束,从而形成高功率的准连续激光,激光功率可达数千瓦,本发明具有易制作,稳定性好,可实现柔性化生产的优点。



1. 一种模块化合束的准连续光纤激光器,其特征在于:包括多个光纤激光器模块、合束装置和输出装置;

每个光纤激光器模块包括N+M个泵浦激光器、第一合束器、高反光栅、增益光纤、低反光栅和第二合束器,所述第一合束器具有N根输入光纤,所述第二合束器具有M+1根输入光纤,所述N个泵浦激光器与第一合束器的N根输入光纤相连,所述第一合束器的输出光纤与高反光栅的输入端熔接,所述高反光栅的输出端与增益光纤的一端熔接,所述M个泵浦激光器与第二合束器的M根输入光纤相连,所述第二合束器的输出光纤与低反光栅的输出端熔接,所述低反光栅的输入端与增益光纤的另一端熔接,剩余的一根第二合束器的输入光纤作为输出信号光纤;

所述合束装置包括多根输入光纤和一根输出光纤,输入光纤的数量与光纤激光器模块的数量相匹配,所述多根输入光纤的一端分别与多个光纤激光器模块的输出信号光纤熔接,另一端经熔融拉锥后,截断锥区与输出光纤的一端熔接;

所述输出装置包括包层光剥除器和光纤输出头,所述包层光剥除器的输入端与输出光纤的另一端熔接,输出端与光纤输出头相连;

还包括控制模块,相应地每个光纤激光器模块内包括传感采集模块和N+M个相同的驱动模块;

在每个光纤激光器模块内,N+M个驱动模块分别用于驱动N+M个泵浦激光器,传感采集模块用于监测光纤激光器模块输出信号的峰值功率、脉冲能量以及模块内的温度信息并反馈回控制模块;

所述控制模块用于控制所有光纤激光器模块内的驱动模块并接收所有光纤激光器模块内传感采集模块反馈回的监测信息;

所述传感采集模块包括用于进行峰值功率监测的脉冲峰值检测单元、用于脉冲能量监测的单脉冲能量检测单元和用于温度监测的多个温度传感器,所述多个温度传感器分别置于光纤激光器模块内需要检测温度的位置;

所述脉冲峰值检测单元包括光电二极管PD1、电阻R2、电阻R3、电阻R4、电阻R5、电阻R6、电阻R7、电容C3、电容C4、电容C5、电容C6、电容C7、电容C8、电容C9、电容C10、跨导放大器、运算放大器、电压基准IC和第一ADC采样模块;所述光电二极管PD1的阳极接地,阴极与电阻R2的一端相连;所述电阻R2的另一端分别与电容C3的一端、电阻R3的一端、跨导放大器的第一输入端相连;所述跨导放大器的第二输入端分别与电阻R4的一端、电容C4的一端相连,电源负极输入端接地,电源正极输入端接+5VDC电源且与电容C5的一端相连,输出端分别与电容C3的另一端、电阻R3的另一端、电阻R5的一端相连;所述电容C4的另一端接地;所述电容C5的另一端接地;所述电阻R5的另一端分别与电容C6的一端、运算放大器的第一输入端相连;所述电容C6的另一端接地;所述运算放大器的电源负极输入端接地,电源正极输入端接+5VDC电源且与电容C7的一端相连,输出端分别与运算放大器的第二输入端、模数转换器AD1的VIN端相连;所述电容C7的另一端接地;所述电压基准IC的VIN端接+5VDC电源且与电容C8的一端相连,GND端接地且与电容C8的另一端相连,VOUT端作为+5VD_REF输出端且与电阻R6的一端相连;所述电阻R6的另一端分别与电阻R4的另一端、电阻R7的一端相连;所述电阻R7的另一端接地;所述第一ADC采样模块的VDD端接+5VD_REF输出端且分别与电容C9的一端、电容C10的一端相连;所述第一ADC采样模块的GND_1端、GND_2端、电容C9的另一端、电容C10

的另一端相连且接地,所述第一ADC采样模块的CS端、SDO端、SCLK端均与控制模块相连;

所述单脉冲能量检测单元包括光电二极管PD2、电阻R8、电阻R9、电阻R10、电阻R11、电阻R12、电阻R13、电容C11、电容C12、电容C13、电容C14、电容C15、电容C16、电容C17、电容C18、差分积分放大器、鉴零器、模拟开关和第二ADC采样模块;所述光电二极管PD2的阴极接+5VDC电源,阳极分别与电阻R8的一端、电阻R10的一端相连;所述电阻R8的另一端接地且与电阻R9的一端相连;所述电阻R9的另一端分别与电容C11的一端、差分积分放大器的第一输入端、模拟开关的NC端相连;所述电阻R10的另一端分别与电容C12的一端、差分积分放大器的第二输入端相连;所述差分积分放大器的电源负极输入端接地,电源正极输入端接+5VDC电源且与电容C13的一端相连,输出端分别与电容C11的另一端、模拟开关的COM端、电阻R11的一端、鉴零器的第二输入端相连;所述电容C12的另一端和电容C13的另一端均接地;所述模拟开关的GND端接地,V+端接+5VDC电源与电容C14的一端相连;所述电容C14的另一端接地;所述鉴零器的第一输入端分别与电阻R12的一端、电阻R13的一端相连,电源正极输入端接+5VDC电源且与电容C15的一端相连,电源负极输入端接地且与电阻R13的另一端相连;所述电阻R12的另一端接+5VDC电源;所述电容C15的另一端接地;所述电阻R11的另一端分别与电容C16的一端、第二ADC采样模块的VIN端相连;所述电容C16的另一端接地;所述第二ADC采样模块的VDD端接+5VDC电源且分别与电容C17的一端、电容C18的一端相连;所述第二ADC采样模块的GND_1端、GND_2端、电容C17的另一端、电容C18的另一端相连且接地,所述模拟开关的IN端、鉴零器的输出端、第二ADC采样模块的CS端、SDO端、SCLK端均与控制模块相连。

2. 根据权利要求1所述的模块化合束的准连续光纤激光器,其特征在于:所述第一合束器包括N根输入光纤和一根输出光纤,N根输入光纤的一端分别与N个泵浦激光器相连,另一端经熔融拉锥后,截断锥区与输出光纤的一端熔接,输出光纤的另一端与高反光栅的输入端熔接。

3. 根据权利要求1所述的模块化合束的准连续光纤激光器,其特征在于:所述第二合束器包括M+1根输入光纤和一根输出光纤,M+1根输入光纤中M根光纤的一端分别与M个泵浦激光器相连,另一端经熔融拉锥后,截断锥区与输出光纤的一端熔接,输出光纤的另一端与低反光栅的输出端熔接。

4. 根据权利要求1所述的模块化合束的准连续光纤激光器,其特征在于:所述驱动模块包括直流电源DC1、电容C1、MOS管Q1、PWM控制器、MOS管Q2、电感L1、电阻R1、电容C2、所述电容C1的一端分别与直流电源DC1的正极、MOS管Q1的漏极相连,另一端分别与直流电源DC1的负极、MOS管Q2的源极、电容C2的一端相连,所述MOS管Q1的栅极与PWM控制器的第一端口相连,源极分别与电感的一端和MOS管Q2的漏极相连,所述PWM控制器的第二端口与MOS管Q2的栅极相连,所述电感L1的另一端与电阻R1的一端相连,所述电阻R1的另一端与电容C2的另一端相连,被驱动的泵浦激光器与电容C2并联,所述PWM控制器与控制模块相连。

5. 根据权利要求4所述的模块化合束的准连续光纤激光器,其特征在于:所述驱动模块还包括电流采样反馈误差放大器、电压采样反馈误差放大器,所述PWM控制器的第三端口与电流采样反馈误差放大器的第一端口相连,第四端口与电压采样反馈误差放大器的第一端口相连,所述电流采样反馈误差放大器的第二端口与电阻R1的一端相连,第三端口与电阻R1的另一端相连,所述电压采样反馈误差放大器的第二端口与电阻R1的另一端相连。

6. 根据权利要求1所述的模块化合束的准连续光纤激光器,其特征在于:所述控制模块采用DSP处理器。

一种模块化合束的准连续光纤激光器

技术领域

[0001] 本发明涉及光纤激光器技术领域,尤其涉及一种模块化合束的准连续光纤激光器。

背景技术

[0002] 光纤激光器具有光束质量好、电光转换效率高、体积小、免维护、寿命长等优点,近年来,基于光纤激光器技术的加工设备,例如激光打标机、雕刻机、切割机、焊接机等已经被广泛应用于各个行业。虽然相比较传统激光器,光纤激光器具有很多优点,但其功率较低,大多为百瓦级的中小功率光纤激光器,究其原因,发现在光纤激光器的研制过程中,掺杂光纤受受激布里渊散射和受激拉曼散射等非线性效应的影响以及纤芯的热损伤等因素的限制,使得单光纤输出功率较为有限,输出功率最高也就1500W左右。虽然使用纤芯较粗的掺杂光纤可以进一步提升功率,但粗纤芯掺杂光纤成本较高且功率提供有限,因此这种功率提升的方法普遍不被采用。而在汽车制造,船舶制造和航空制造等技术领域中,将激光用于金属和非金属材料的切割、焊接等加工作业时,往往需要激光功率达到千瓦级以上,因此传统的光纤激光器并不能满足应用需求。为此,研究人员考虑将多个光纤激光器模块化制作,通过合束装置合为一束输出,从而使得光纤激光器的功率得以提高,目前较为常用的合束方法有:相干合成、光栅法和空间耦合,其中:相干合成结构复杂且不易调节,光栅法对系统精度要求高且稳定性较差;空间耦合,则耦合出的激光通常为空间光,不易实现激光器的柔性化生产。因此需要设计一种合束光纤激光器,使其在满足高功率输出的同时,又不存在上述三种合束方法的缺点。

发明内容

[0003] 针对现有技术中的问题,本发明提供一种高功率、模块化合束的准连续光纤激光器

[0004] 为实现以上技术目的,本发明的技术方案是:

[0005] 一种模块化合束的准连续光纤激光器,包括多个光纤激光器模块、合束装置和输出装置;

[0006] 每个光纤激光器模块包括N+M个泵浦激光器、第一合束器、高反光栅、增益光纤、低反光栅和第二合束器,所述第一合束器具有N根输入光纤,所述第二合束器具有M+1根输入光纤,所述N个泵浦激光器与第一合束器的N根输入光纤相连,所述第一合束器的输出光纤与高反光栅的输入端熔接,所述高反光栅的输出端与增益光纤的一端熔接,所述M个泵浦激光器与第二合束器的M根输入光纤相连,所述第二合束器的输出光纤与低反光栅的输出端熔接,所述低反光栅的输入端与增益光纤的另一端熔接,剩余的一根第二合束器的输入光纤作为输出信号光纤;

[0007] 所述合束装置包括多根输入光纤和一根输出光纤,所述输入光纤的数量与光纤激光器模块的数量相匹配,所述多根输入光纤的一端分别与多个光纤激光器模块的输出信号

光纤熔接,另一端经熔融拉锥后,截断锥区与输出光纤的一端熔接;

[0008] 所述输出装置包括包层光剥除器和光纤输出头,所述包层光剥除器的输入端与输出光纤的另一端熔接,输出端与光纤输出头相连。

[0009] 作为优选,所述第一合束器包括N根输入光纤和一根输出光纤,N根输入光纤的一端分别与N个泵浦激光器相连,另一端经熔融拉锥后,截断锥区与输出光纤的一端熔接,输出光纤的另一端与高反光栅的输入端熔接。

[0010] 作为优选,所述第二合束器包括M+1根输入光纤和一根输出光纤,M+1根输入光纤中M根光纤的一端分别与M个泵浦激光器相连,另一端经熔融拉锥后,截断锥区与输出光纤的一端熔接,输出光纤的另一端与低反光栅的输出端熔接。

[0011] 作为改进,还包括控制模块,相应地每个光纤激光器模块内包括传感采集模块和N+M个相同的驱动模块;在每个光纤激光器模块内,N+M个驱动模块分别用于驱动N+M个泵浦激光器,传感采集模块用于监测光纤激光器模块输出信号的峰值功率、脉冲能量以及模块内的温度信息并反馈回控制模块;所述控制模块用于控制所有光纤激光器模块内的驱动模块并接收所有光纤激光器模块内传感采集模块反馈回的监测信息。

[0012] 作为优选,所述传感采集模块包括用于进行峰值功率监测的脉冲峰值检测单元、用于脉冲能量监测的单脉冲能量检测单元和用于温度监测的多个温度传感器,所述多个温度传感器分别置于光纤激光器模块内需要检测温度的位置。

[0013] 作为优选,所述驱动模块包括直流电源DC1、电容C1、MOS管Q1、PWM控制器、MOS管Q2、电感L1、电阻R1、电容C2,所述电容C1的一端分别与直流电源DC1的正极、MOS管Q1的漏极相连,另一端分别与直流电源DC1的负极、MOS管Q2的源极、电容C2的一端相连,所述MOS管Q1的栅极与PWM控制器的第一端口相连,源极分别与电感的一端和MOS管Q2的漏极相连,所述PWM控制器的第二端口与MOS管Q2的栅极相连,所述电感L1的另一端与电阻R1的一端相连,所述电阻R1的另一端与电容C2的另一端相连,被驱动的泵浦激光器与电容C2并联,所述PWM控制器与控制模块相连。

[0014] 作为改进,所述驱动模块还包括电流采样反馈误差放大器、电压采样反馈误差放大器,所述PWM控制器的第三端口与电流采样反馈误差放大器的第一端口相连,第四端口与电压采样反馈误差放大器的第一端口相连,所述电流采样反馈误差放大器的第二端口与电阻R1的一端相连,第三端口与电阻R1的另一端相连,所述电压采样反馈误差放大器的第二端口与电阻R1的另一端相连。

[0015] 作为优选,所述脉冲峰值检测单元包括光电二极管PD1、电阻R2、电阻R3、电阻R4、电阻R5、电阻R6、电阻R7、电容C3、电容C4、电容C5、电容C6、电容C7、电容C8、电容C9、电容C10、跨导放大器、运算放大器、电压基准IC和第一ADC采样模块;所述光电二极管PD1的阳极接地,阴极与电阻R2的一端相连;所述电阻R2的另一端分别与电容C3的一端、电阻R3的一端、跨导放大器的第一输入端相连;所述跨导放大器的第二输入端分别与电阻R4的一端、电容C4的一端相连,电源负极输入端接地,电源正极输入端接+5VDC电源且与电容C5的一端相连,输出端分别与电容C3的另一端、电阻R3的另一端、电阻R5的一端相连;所述电容C4的另一端接地;所述电容C5的另一端接地;所述电阻R5的另一端分别与电容C6的一端、运算放大器的第一输入端相连;所述电容C6的另一端接地;所述运算放大器的电源负极输入端接地,电源正极输入端接+5VDC电源且与电容C7的一端相连,输出端分别与运算放大器的第二输

入端、模数转换器AD1的VIN端相连;所述电容C7的另一端接地;所述电压基准IC的VIN端接+5VDC电源且与电容C8的一端相连,GND端接地且与电容C8的另一端相连,VOUT端作为+5V_D_REF输出端且与电阻R6的一端相连;所述电阻R6的另一端分别与电阻R4的另一端、电阻R7的一端相连;所述电阻R7的另一端接地;所述第一ADC采样模块的VDD端接+5V_D_REF输出端且分别与电容C9的一端、电容C10的一端相连;所述第一ADC采样模块的GND₁端、GND₂端、电容C9的另一端、电容C10的另一端相连且接地,所述第一ADC采样模块的CS₁端、SDO₁端、SCLK₁端均与控制模块相连。

[0016] 作为优选,所述单脉冲能量检测单元包括光电二极管PD2、电阻R8、电阻R9、电阻R10、电阻R11、电阻R12、电阻R13、电容C11、电容C12、电容C13、电容C14、电容C15、电容C16、电容C17、电容C18、差分积分放大器、鉴零器、模拟开关和第二ADC采样模块;所述光电二极管PD2的阴极接+5VDC电源,阳极分别与电阻R8的一端、电阻R10的一端相连;所述电阻R8的另一端接地且与电阻R9的一端相连;所述电阻R9的另一端分别与电容C11的一端、差分积分放大器的第一输入端、模拟开关的NC端相连;所述电阻R10的另一端分别与电容C12的一端、差分积分放大器的第二输入端相连;所述差分积分放大器的电源负极输入端接地,电源正极输入端接+5VDC电源且与电容C13的一端相连,输出端分别与电容C11的另一端、模拟开关的COM端、电阻R11的一端、鉴零器的第二输入端相连;所述电容C12的另一端和电容C13的另一端均接地;所述模拟开关的GND端接地,V+端接+5VDC电源且与电容C14的一端相连;所述电容C14的另一端接地;所述鉴零器的第一输入端分别与电阻R12的一端、电阻R13的一端相连,电源正极输入端接+5VDC电源且与电容C15的一端相连,电源负极输入端接地且与电阻R13的另一端相连;所述电阻R12的另一端接+5VDC电源;所述电容C15的另一端接地;所述电阻R11的另一端分别与电容C16的一端、第二ADC采样模块的VIN端相连;所述电容C16的另一端接地;所述第二ADC采样模块的VDD端接+5V_D_REF输出端且分别与电容C17的一端、电容C18的一端相连;所述第二ADC采样模块的GND₁端、GND₂端、电容C17的另一端、电容C18的另一端相连且接地,所述模拟开关的IN端、鉴零器的输出端、第二ADC采样模块的CS₂端、SDO₂端、SCLK₂端均与控制模块相连。

[0017] 作为优选,所述控制模块采用DSP处理器

[0018] 从以上描述可以看出,本发明具备以下优点:

[0019] 1. 本发明先利用设置在双侧的泵浦激光器激励增益光纤产生激光,形成光纤激光器模块,在光纤激光器模块内部每侧均包括多个泵浦激光器,保证了激光器模块的高功率输出,再基于“模块化”的思路,复制多个相同的光纤激光器模块,利用合束装置将多个相同的光纤激光器模块产生的多束激光进行合束,从而形成更高功率的准连续激光,激光功率可达数千瓦,能够满足汽车制造,船舶制造和航空制造业等行业对金属和非金属材料进行激光切割、激光焊接的需求。

[0020] 2. 相较于其他的通过合束构建高功率光纤激光器的方案,本发明的合束方案具有易于制作,稳定性好的优点,可实现柔性化生产,同时用户可根据具体应用需求配置光纤激光器模块的数量和每个光纤激光器模块内泵浦激光器的数量。

[0021] 3. 本发明在每个光纤激光器模块内配置了传感采集模块,能够实时监测光纤激光器模块的性能并反馈回激光器的控制模块,以判断激光器是否正常运行,确保每个光纤激

光器模块的稳定输出,进而保证整个激光器的性能稳定,防止意外发生,达到安全生产的目的。

附图说明

- [0022] 图1是本发明的结构示意图;
- [0023] 图2是本发明光纤激光器模块的结构示意图;
- [0024] 图3是本发明合束装置的结构示意图;
- [0025] 图4是本发明的结构示意图;
- [0026] 图5是本发明驱动模块的电路原理图;
- [0027] 图6是本发明脉冲峰值检测单元的电路原理图;
- [0028] 图7是本发明单脉冲能量检测单元的电路原理图。

具体实施方式

[0029] 结合图1至图7,详细说明本发明的一个实施例,但不对本发明的权利要求做任何限定。

[0030] 如图1所示,一种模块化合束的准连续光纤激光器,包括多个光纤激光器模块1、合束装置2和输出装置;

[0031] 如图2所示,每个光纤激光器模块1包括N+M个泵浦激光器11、第一合束器12、高反光栅13、增益光纤14、低反光栅15和第二合束器16,第一合束器12具有N根输入光纤,第二合束器具有M+1根输入光纤,N个泵浦激光器11与第一合束器12的N根输入光纤121相连,第一合束器12的输出光纤与高反光栅13的输入端熔接,高反光栅13的输出端与增益光纤14的一端熔接,M个泵浦激光器11与第二合束器16的M根输入光纤相连,第二合束器161的输出光纤与低反光栅15的输出端熔接,低反光栅15的输入端与增益光纤14的另一端熔接,剩余的一根第二合束器16的输入光纤作为输出信号光纤161,其中:高反光栅对增益光纤产生激光的反射率大于95%,低反光栅对增益光纤产生激光的反射率为10%-30%,N和M取正整数,两者取值可以一致,也可以不一致;

[0032] 如图3所示,合束装置2包括多根输入光纤21和一根输出光纤22,输入光纤21的数量与光纤激光器模块1的数量相匹配,多根输入光纤22的一端分别与多个光纤激光器模块1的输出信号光161纤熔接,另一端经熔融拉锥后,截断锥区与输出光纤22的一端熔接;

[0033] 如图1所示,输出装置3包括包层光剥除器31和光纤输出头32,所述包层光剥除器31的输入端与输出光纤22的另一端熔接,输出端与光纤输出头32相连。

[0034] 上述技术方案的工作原理为:先利用设置在双侧的泵浦激光器激励增益光纤(即双端泵浦)产生激光,形成光纤激光器模块,在光纤激光器模块内部每侧均包括多个泵浦激光器,保证了激光器模块的高功率输出,再基于“模块化”的思路,复制多个相同的光纤激光器模块,利用合束装置将多个相同的光纤激光器模块产生的多束激光进行合束,从而形成更高功率的准连续激光。

[0035] 上述技术方案中:

[0036] 1. 第一合束器和第二合束器的结构可以参照合束装置的结构构建,具体如下:

[0037] (1) 第一合束器的结构为:包括N根输入光纤和一根输出光纤,N根输入光纤的一端

分别与N个泵浦激光器相连,另一端经熔融拉锥后,截断锥区与输出光纤的一端熔接,输出光纤的另一端与高反光栅的输入端熔接;其合束原理与合束装置2的原理相同,结构参考如图3所示的合束装置。

[0038] (2) 第二合束器的结构为:第二合束器包括M+1根输入光纤和一根输出光纤,M+1根输入光纤中的M根光纤的一端分别与M个泵浦激光器相连,另一端经熔融拉锥后,截断锥区与输出光纤的一端熔接,输出光纤的另一端与低反光栅的输出端熔接;其合束原理与合束装置2的原理相同,结构参考如图3所示的合束装置。

[0039] 当然,第一合束器和第二合束器也可以采用其他常规的合束器结构,只要能够达到合束的目的即可。

[0040] 2. 光纤激光器模块的数量和每个光纤激光器模块内泵浦激光器的数量可以根据具体应用需求而定。

[0041] 从以上描述可以看出,本方案具有以下优点:

[0042] 1. 光纤激光器能够实现高功率输出,激光功率可达数千瓦,能够满足汽车制造,船舶制造和航空制造业等行业对金属和非金属材料进行激光切割、激光焊接的需求;

[0043] 2. 相较于其他的通过合束构建高功率光纤激光器的方案,本发明的合束方案具有易于制作,稳定性好的优点,可实现柔性化生产;

[0044] 3. 用户可根据具体应用需求配置光纤激光器模块的数量和每个光纤激光器模块内泵浦激光器的数量。

[0045] 基于图1所示的技术方案,构建模块化合束的准连续光纤激光器的电路控制部分,具体地:

[0046] 如图4所示,模块化合束的准连续光纤激光器还包括控制模块,相应地在每个光纤激光器模块匹配设置传感采集模块和N+M个相同的驱动模块;在每个光纤激光器模块内,N+M个驱动模块分别用于驱动N+M个泵浦激光器,传感采集模块用于监测光纤激光器模块输出信号的峰值功率、脉冲能量以及模块内的温度信息并反馈回控制模块;控制模块用于控制所有光纤激光器模块内的驱动模块并接收所有光纤激光器模块内传感采集模块反馈回的监测信息。

[0047] 通过控制模块控制每个光纤激光器模块的所有驱动模块的驱动信号,进而控制每个光纤激光器模块的激光输出信号,同时利用传感采集模块监测每个光纤激光器模块的激光输出信号的峰值功率、脉冲能量、关键位置的温度信息(例如合束器所在位置,熔接位置等),并将这些反馈回控制模块,控制模块根据接收到的监测信息,判断激光器是否正常运行,确保每个光纤激光器模块的稳定输出,使得模块化合束的准连续光纤激光器能够得到高功率、稳定的准连续输出。

[0048] 对上述各个模块进行具体方案设计:

[0049] 1. 驱动模块包括直流电源DC1、电容C1、MOS管Q1、PWM控制器、MOS管Q2、电感L1、电阻R1和电容C2;电容C1的一端分别与直流电源DC1的正极、MOS管Q1的漏极相连,另一端分别与直流电源DC1的负极、MOS管Q2的源极、电容C2的一端相连;MOS管Q1的栅极与PWM控制器的第一端口相连,源极分别与电感的一端和MOS管Q2的漏极相连;PWM控制器的第二端口与MOS管Q2的栅极相连;电感L1的另一端与电阻R1的一端相连;电阻R1的另一端与电容C2的另一端相连;被驱动的泵浦激光器与电容C2并联(被驱动的泵浦激光器的阴极与电容C2的一端

相连,阳极与电容C2的另一端相连),PWM控制器通过SPI数字通信总线与控制模块连接。

[0050] 上述方案中:MOS管的栅极均连接PWM脉宽调制控制器并由其控制通断,MOS管Q1的漏极和源极分别连接电源和电感,形成电感充磁通路,MOS管Q2的漏极和源极则分别连接电感和被驱动的泵浦激光器,形成电感放电回路,采用开关电流源的方式产生进行激光器恒流源的驱动。

[0051] 为了进一步提高驱动模块的稳定性,驱动模块还包括电流采样反馈误差放大器、电压采样反馈误差放大器,PWM控制器的第三端口与电流采样反馈误差放大器的第一端口相连,第四端口与电压采样反馈误差放大器的第一端口相连,电流采样反馈误差放大器的第二端口与电阻R1的一端相连,第三端口与电阻R1的另一端相连,电压采样反馈误差放大器的第二端口与电阻R1的另一端相连。驱动模块采用电流、电压双采样反馈的方式工作,以恒频反馈调节占空比的方式来保证输出恒定的激光器电流。

[0052] 2. 传感采集模块根据需要完成的传感功能划分为用于进行峰值功率监测的脉冲峰值检测单元、用于脉冲能量监测的单脉冲能量检测单元和用于温度监测的多个温度传感器,具体地:

[0053] (1) 多个温度传感器分别置于光纤激光器模块内易产生高温、需要检测温度的各个位置,例如第一合束器、第二合束器中的熔接点;

[0054] (2) 脉冲峰值检测单元包括光电二极管PD1、电阻R2、电阻R3、电阻R4、电阻R5、电阻R6、电阻R7、电容C3、电容C4、电容C5、电容C6、电容C7、电容C8、电容C9、电容C10、跨导放大器、运算放大器、电压基准IC和第一ADC采样模块;光电二极管PD1的阳极接地,阴极与电阻R2的一端相连;电阻R2的另一端分别与电容C3的一端、电阻R3的一端、跨导放大器的第一输入端相连;跨导放大器的第二输入端分别与电阻R4的一端、电容C4的一端相连,电源负极输入端接地,电源正极输入端接+5VDC电源且与电容C5的一端相连,输出端分别与电容C3的另一端、电阻R3的另一端、电阻R5的一端相连;电容C4的另一端接地;电容C5的另一端接地;电阻R5的另一端分别与电容C6的一端、运算放大器的第一输入端相连;电容C6的另一端接地;运算放大器的电源负极输入端接地,电源正极输入端接+5VDC电源且与电容C7的一端相连,输出端分别与运算放大器的第二输入端、模数转换器AD1的VIN端相连;电容C7的另一端接地;电压基准IC的VIN端接+5VDC电源且与电容C8的一端相连,GND端接地且与电容C8的另一端相连,VOUT端作为+5VD_REF输出端且与电阻R6的一端相连;电阻R6的另一端分别与电阻R4的另一端、电阻R7的一端相连;电阻R7的另一端接地;第一ADC采样模块的VDD端接+5VD_REF输出端且分别与电容C9的一端、电容C10的一端相连;第一ADC采样模块的GND_1端、GND_2端、电容C9的另一端、电容C10的另一端相连且接地,第一ADC采样模块的CS端、SDO端、SCLK端均通过SPI数字通信总线与控制模块连接。具体地:跨导放大器采用OPA380芯片,运算放大器采用LM321芯片、电压基准IC采用REF5050_VSSOP8芯片,第一ADC采样模块采用AD7680BRMZ_MSOP8芯片。

[0055] 上述技术方案中:光电二极管PD1采集输出信号光纤161中的泄露光,将光信号转化为电流信号后输入跨导放大器,跨导放大器将电流信号转化为电压信号,跨导放大器与基准电压IC和第一ADC采样模块相连,第一ADC采样模块对电压信号采样后将采样到的电压信号发送到控制模块。

[0056] (3) 单脉冲能量检测单元包括光电二极管PD2、电阻R8、电阻R9、电阻R10、电阻R11、

电阻R12、电阻R13、电容C11、电容C12、电容C13、电容C14、电容C15、电容C16、电容C17、电容C18、差分积分放大器、模拟开关、鉴零器和第二ADC采样模块；光电二极管PD2的阴极接+5VDC电源，阳极分别与电阻R8的一端、电阻R10的一端相连；电阻R8的另一端接地且与电阻R9的一端相连；电阻R9的另一端分别与电容C11的一端、差分积分放大器的第一输入端、模拟开关的NC端相连；电阻R10的另一端分别与电容C12的一端、差分积分放大器的第二输入端相连；差分积分放大器的电源负极输入端接地，电源正极输入端接+5VDC电源且与电容C13的一端相连，输出端分别与电容C11的另一端、模拟开关的COM端、电阻R11的一端、鉴零器的第二输入端相连；电容C12的另一端、电容C13的另一端均接地；模拟开关的GND端接地，V+端接+5VDC电源且与电容C14的一端相连；电容C14的另一端接地；鉴零器的第一输入端分别与电阻R12的一端、电阻R13的一端相连，电源正极输入端接+5VDC电源且与电容C15的一端相连，电源负极输入端接地且与电阻R13的另一端相连；电阻R12的另一端接+5VDC电源；电容C15的另一端接地；电阻R11的另一端分别与电容C16的一端、第二ADC采样模块的VIN端相连，电容C16的另一端接地；第二ADC采样模块的VDD端接+5VDC电源且分别与电容C17的一端、电容C18的一端相连；第二ADC采样模块的GND_1端、GND_2端、电容C17的另一端、电容C18的另一端相连且接地，模拟开关的IN端、鉴零器的输出端、第二ADC采样模块的 \overline{CS} 端、SD0端、SCLK端均通过SPI数字通信总线与控制模块连接。具体地：差分积分放大器采用LM321芯片，模拟开关采用SGM3157芯片，鉴零器采用LM358芯片，第二ADC采样模块采用AD7680BRMZ_MSOP8芯片。

[0057] 上述技术方案中：光电二极管PD2采集输出信号光纤161中的泄露光，将光信号转化为电流信号后输入差分积分放大器，差分积分放大器将电流信号转化为一个恒定电压信号，差分积分放大器与第二ADC采样模块相连，第二ADC采样模块对电压信号采样后将采样到的电压信号发送到控制模块，模拟开关和鉴零器用来保证积分电路的完全复位，模拟开关产生积分复位信号，复位积分电路，鉴零器判断是否复位成功。

[0058] 实际应用时，单脉冲能量检测单元的光电二极管PD2与脉冲峰值检测单元的光电二极管PD1为同一光电二极管。

[0059] 3. 控制模块采用DSP处理器，具体采用TMS320F28377D芯片。

[0060] 本发明所述光纤激光器电控部分的工作原理为：控制模块控制每个光纤激光器模块内的N+M个驱动模块，N+M个驱动模块同步驱动N+M个泵浦激光器工作，从而使多个光纤激光器模块同步运行发出激光，同时每个光纤激光器模块内的传感采集模块对模块的运行性能进行监控并反馈回控制模块，控制模块根据接收到的监控信息，判断激光器是否正常运行，确保每个光纤激光器模块的稳定输出，从而保证激光器整体运行正常，输出稳定。

[0061] 综上所述，本发明具有以下优点：

[0062] 从以上描述可以看出，本发明具备以下优点：

[0063] 1. 本发明先利用设置在双侧的泵浦激光器激励增益光纤产生激光，形成光纤激光器模块，在光纤激光器模块内部每侧均包括多个泵浦激光器，保证了激光器模块的高功率输出，再基于“模块化”的思路，复制多个相同的光纤激光器模块，利用合束装置将多个相同的光纤激光器模块产生的多束激光进行合束，从而形成更高功率的准连续激光，激光功率可达数千瓦，能够满足汽车制造，船舶制造和航空制造业等行业对金属和非金属材料进行激光切割、激光焊接的需求。

[0064] 2.相较于其他的通过合束构建高功率光纤激光器的方案,本发明的合束方案具有易于制作,稳定性好的优点,可实现柔性化生产,同时用户可根据具体应用需求配置光纤激光器模块的数量和每个光纤激光器模块内泵浦激光器的数量。

[0065] 3.本发明在每个光纤激光器模块内配置了传感采集模块,能够实时监测光纤激光器模块的性能并反馈回激光器的控制模块,以判断激光器是否正常运行,确保每个光纤激光器模块的稳定输出,进而保证整个激光器的性能稳定,防止意外发生,达到安全生产的目的。

[0066] 可以理解的是,以上关于本发明的具体描述,仅用于说明本发明而并非受限于本发明实施例所描述的技术方案。本领域的普通技术人员应当理解,仍然可以对本发明进行修改或等同替换,以达到相同的技术效果;只要满足使用需要,都在本发明的保护范围之内。

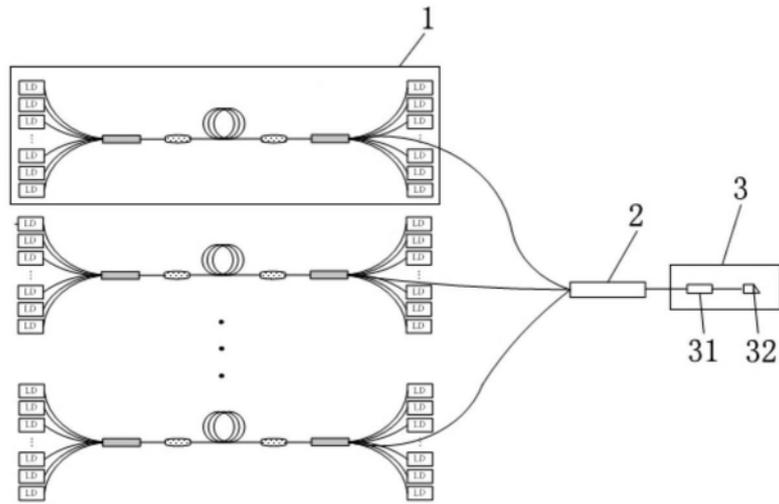


图1

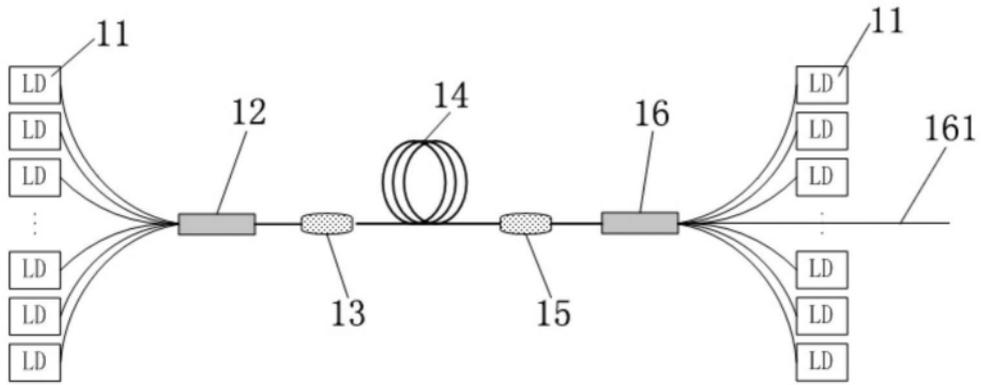


图2

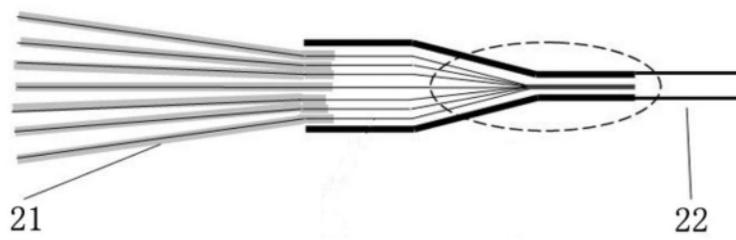


图3

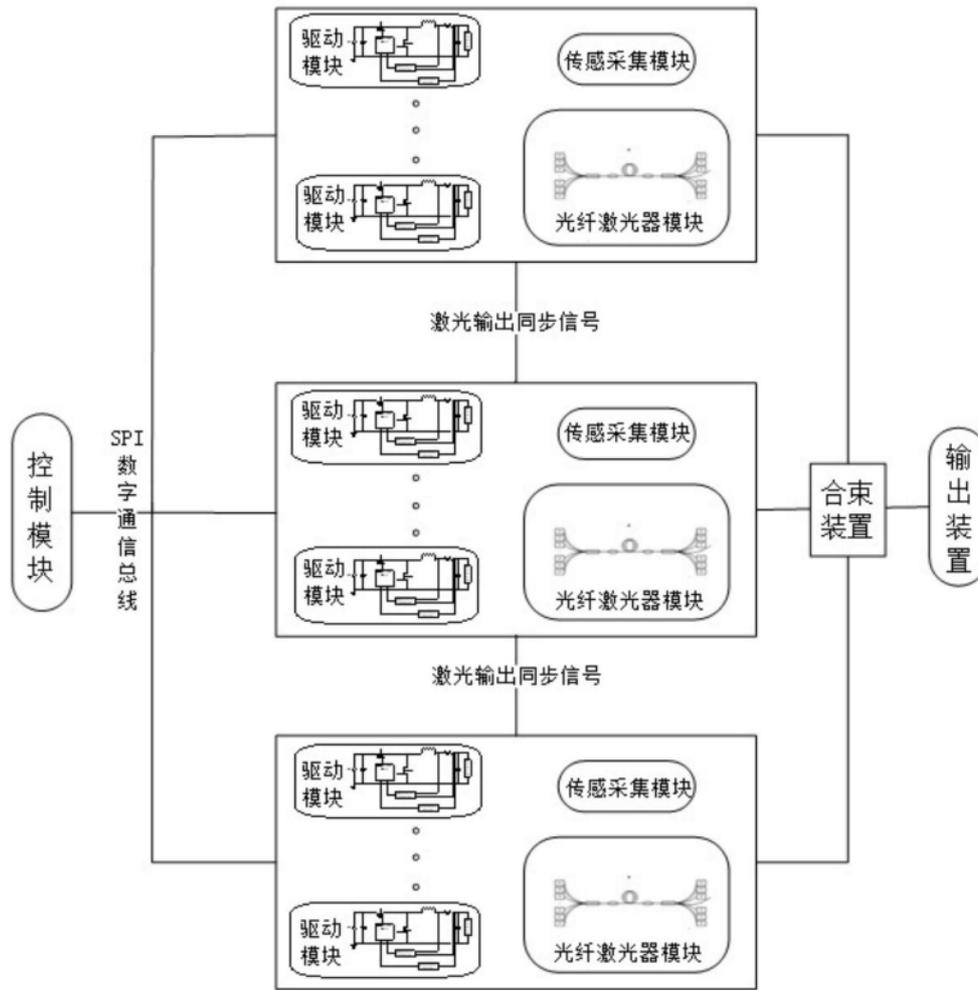


图4

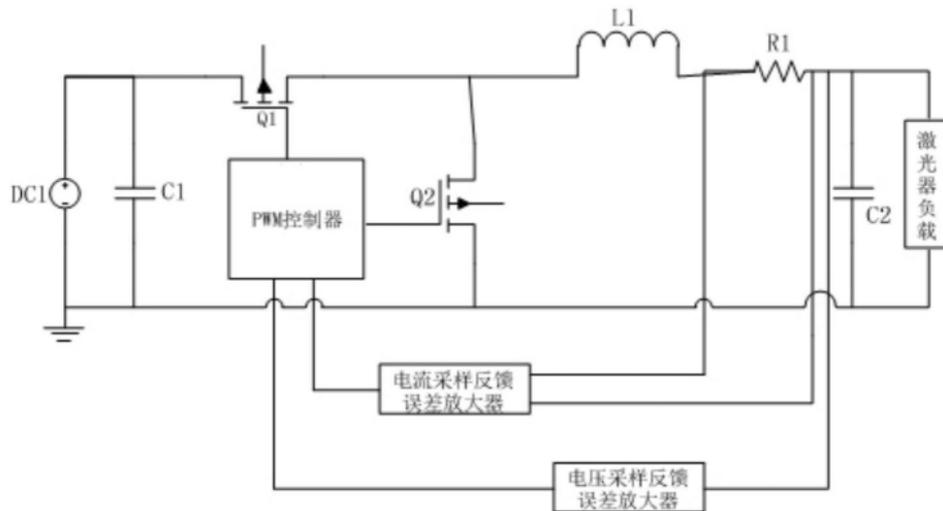


图5

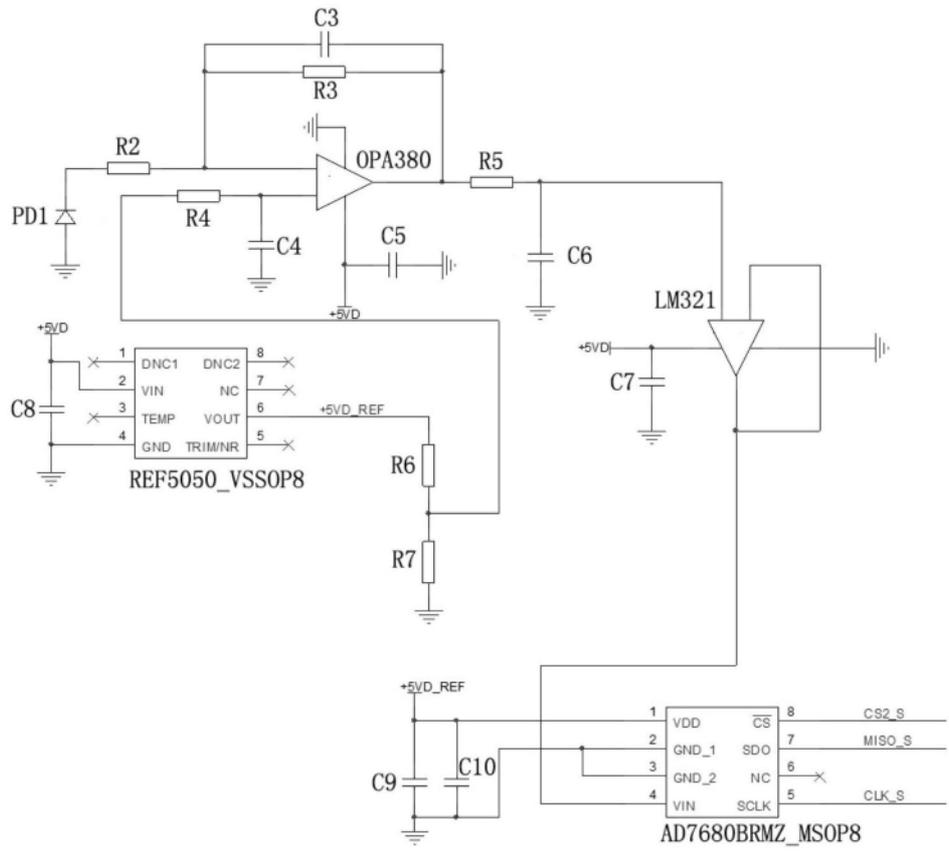


图6

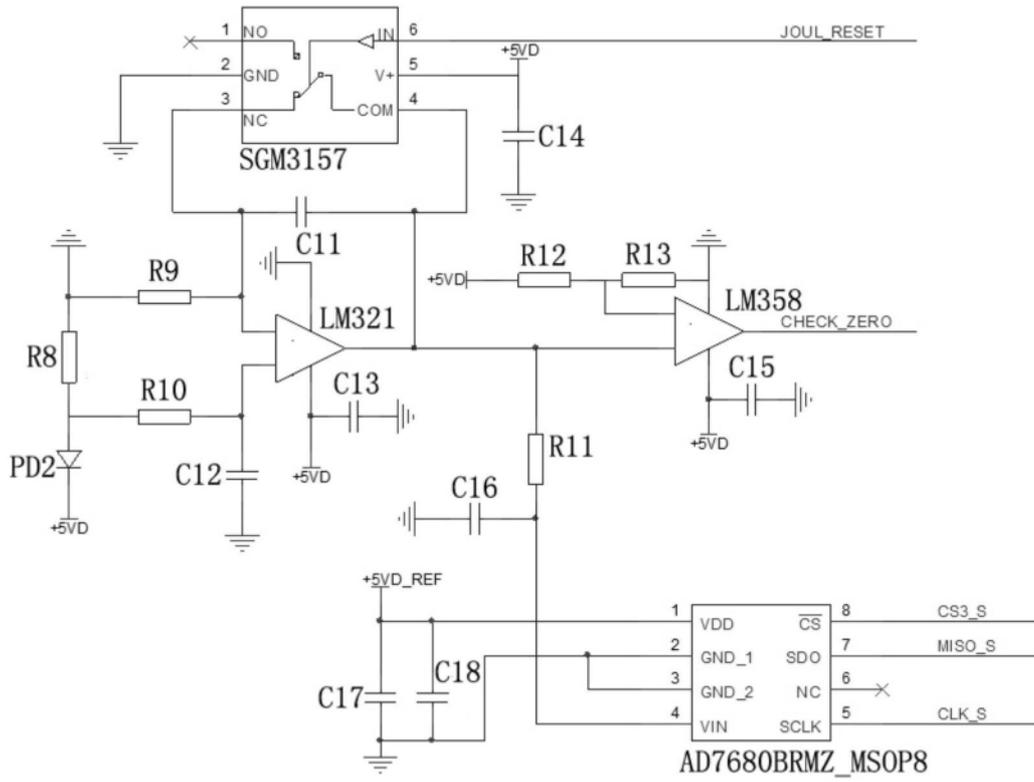


图7