



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109818241 A

(43)申请公布日 2019.05.28

(21)申请号 201910033684.8

(22)申请日 2019.01.14

(71)申请人 中国工程物理研究院激光聚变研究中心

地址 621000 四川省绵阳市游仙区绵山路64号

(72)发明人 张昊宇 董克攻 颜冬林 林宏奂 郭超 李成钰 王瑜英 王波鹏 李峰云

(74)专利代理机构 北京超凡志成知识产权代理事务所(普通合伙) 11371

代理人 王术兰

(51)Int.Cl.

H01S 3/067(2006.01)

权利要求书1页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

一种高功率超连续谱激光系统

(57)摘要

本发明公开的高功率超连续谱激光系统,包括:种子激光源、与种子激光源光纤连接的放大组件以及与放大组件光纤连接的光子晶体光纤组件。光子晶体光纤组件包括:依次连接的N个光子晶体光纤,N个光子晶体光纤中的第i个光子晶体光纤的纤芯和非线性系数均大于第i+1个光子晶体光纤的纤芯和非线性系数。种子激光经过放大组件进行功率放大后输送至光子晶体光纤组件中,在光子晶体光纤组件的作用下,会发生各种非线性效应,使频谱展宽至几百纳米甚至更宽,进而输出超连续谱激光,通过采用光子晶体光纤组件中的光子晶体光纤的纤芯分段逐级递减,且非线性系数分段逐级递增的方式,来降低耦合的热负载,便于热管理,进而可以实现高功率超连续谱输出。

CN 109818241 A



1. 一种高功率超连续谱激光系统,其特征在于,包括:
种子激光源,用于产生种子激光;
与所述种子激光源光纤连接的放大组件,所述放大组件用于对所述种子激光的功率进行放大;
与所述放大组件光纤连接的光子晶体光纤组件,所述光子晶体光纤组件包括:依次连接的N个光子晶体光纤,所述N个光子晶体光纤中的第i个光子晶体光纤的纤芯大于第i+1个光子晶体光纤的纤芯,所述第i个光子晶体光纤的非线性系数小于所述第i+1个光子晶体光纤的非线性系数,其中,i依次取1到N-1,N为大于等于2的正整数。
2. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述N个光子晶体光纤中的相邻光子晶体光纤之间的连接为熔接,与所述放大组件通过光纤连接的第一个光子晶体光纤的输入端的连接也为熔接。
3. 根据权利要求2所述的系统,其特征在于,所述放大组件包括:
与所述种子激光源光纤连接的包层直径为第一阈值的预放大器;
与所述预放大器通过光纤连接的第一模场匹配器;
与所述第一模场匹配器光纤连接的包层直径为第二阈值的主放大器;
以及与所述主放大器光纤连接的第二模场匹配器,所述第二模场匹配器还通过光纤与所述光子晶体光纤组件连接,其中,所述第二阈值大于所述第一阈值,所述光子晶体光纤组件中的光子晶体光纤的包层直径为所述第一阈值。
4. 根据权利要求3所述的系统,其特征在于,所述预放大器包括:
与所述种子激光源光纤连接的第一包层功率剥除器;
与所述第一包层功率剥除器连接的包层直径为第一阈值的第一掺镜光纤;
以及与所述第一掺镜光纤的输出端连接的第一集束器,所述第一集束器的输出端通过光纤与所述第一模场匹配器连接,所述第一集束器的泵浦端与第一泵浦源连接。
5. 根据权利要求3或4所述的系统,其特征在于,所述系统还包括:第一隔离器,所述种子激光源通过所述第一隔离器与预放大器连接。
6. 根据权利要求3所述的系统,其特征在于,所述主放大器包括:
与所述第一模场匹配器光纤连接的第二包层功率剥除器;
与所述第二包层功率剥除器连接的包层直径为第二阈值的第二掺镜光纤;
以及与所述第二掺镜光纤的输出端连接的第二集束器,所述第二集束器的输出端通过光纤与所述第二模场匹配器连接,所述第二集束器的泵浦端与第二泵浦源连接。
7. 根据权利要求3或6所述的系统,其特征在于,所述系统还包括:第二隔离器,所述预放大器通过所述第二隔离器与第一模场匹配器连接。
8. 根据权利要求3所述的系统,其特征在于,所述第一阈值为125微米,所述第二阈值为400微米。
9. 根据权利要求8所述的系统,其特征在于,所述第一模场匹配器用于使激光从包层直径为125 μm 的光纤传输至包层直径为400 μm 的光纤;所述第二模场匹配器用于使激光从包层直径为400 μm 的光纤传输至包层直径为125 μm 的光纤。
10. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述种子激光源为锁模脉冲种子源。

一种高功率超连续谱激光系统

技术领域

[0001] 本发明属于激光技术领域,具体涉及一种高功率超连续谱激光系统。

背景技术

[0002] 激光脉冲在高非线性介质中传输时,会发生各种非线性效应,使频谱展宽至几百纳米甚至更宽,这种极端的频谱展宽现象称为超连续谱的产生。超连续谱光源和其它光源相比,具有连续谱带宽、稳定可靠、相干性好等诸多优点。超连续谱激光在生物医学、光计量学、光通信、相干测量、光学显示以及光谱分析等许多方面都有非常重要的应用价值。

[0003] 相对于其它固体或液体非线性介质,高非线性光纤作为非线性介质,以其轻便稳定的物理特性,更适合于用在具有实用价值的超连续谱产生系统中。然而,作为泵浦的激光向非线性光纤的耦合是限制超连续谱平均功率的一个重要因素,因此,如何高效耦合光子晶体光纤与石英光纤成为了研究的对象。本申请发明人在研究本申请时发现:现有的大功率激光耦合装置均采用拉锥的方式实现光子晶体光纤与石英光纤的熔接,由于拉锥这一工艺水平对耦合方式要求较高,使得耦合效率难以提高,且这种耦合方法还对环境要求苛刻,难以实现工程可靠性的要求。

发明内容

[0004] 鉴于此,本发明实施例在于提供一种高功率超连续谱激光系统方法,以有效地改善上述问题。

[0005] 本发明的实施例是这样实现的:

[0006] 第一方面,本发明实施例提供了一种高功率超连续谱激光系统,包括:种子激光源,用于产生种子激光;与所述种子激光源光纤连接的放大组件,所述放大组件用于对所述种子激光的功率进行放大;与所述放大组件光纤连接的光子晶体光纤组件,所述光子晶体光纤组件包括:依次连接的N个光子晶体光纤,所述N个光子晶体光纤中的第i个光子晶体光纤的纤芯大于第i+1个光子晶体光纤的纤芯,其中,所述第i个光子晶体光纤的非线性系数小于所述第i+1个光子晶体光纤的非线性系数,i依次取1到N-1,N为大于等于2的正整数。

[0007] 本申请实施例中,种子激光源产生的种子激光经过放大组件进行功率放大后输送至光子晶体光纤组件中,在光子晶体光纤组件的作用下,会发生各种非线性效应,使频谱展宽至几百纳米甚至更宽,进而输出超连续谱激光,通过采用光子晶体光纤组件中的光子晶体光纤的纤芯分段逐级递减,且非线性系数分段逐级递增的方式,来降低耦合的热负载,便于热管理,进而可以实现高功率超连续谱输出。

[0008] 结合第一方面实施例的一种可能的实施方式,所述N个光子晶体光纤中的相邻光子晶体光纤之间的连接为熔接,与所述放大组件通过光纤连接的第一个光子晶体光纤的输入端的连接也为熔接。

[0009] 结合第一方面实施例的一种可能的实施方式,所述放大组件包括:与所述种子激光源光纤连接的包层直径为第一阈值的预放大器;与所述预放大器通过光纤连接的第一模

场匹配器;与所述第一模场匹配器光纤连接的包层直径为第二阈值的主放大器;以及与所述主放大器光纤连接的第二模场匹配器,所述第二模场匹配器还通过光纤与所述光子晶体光纤组件连接,其中,所述第二阈值大于所述第一阈值,所述光子晶体光纤组件中的光子晶体光纤的包层直径为所述第一阈值。

[0010] 结合第一方面实施例的一种可能的实施方式,所述预放大器包括:与所述种子激光光源光纤连接的第一包层功率剥除器;与所述第一包层功率剥除器连接的包层直径为第一阈值的第一掺镜光纤;以及与所述第一掺镜光纤的输出端连接的第一集束器,所述第一集束器的输出端通过光纤与所述第一模场匹配器连接,所述第一集束器的泵浦端与第一泵浦源连接。

[0011] 结合第一方面实施例的一种可能的实施方式,所述系统还包括:第一隔离器,所述种子激光光源通过所述第一隔离器与预放大器连接。

[0012] 结合第一方面实施例的一种可能的实施方式,所述主放大器包括:与所述第一模场匹配器光纤连接的第二包层功率剥除器;与所述第二包层功率剥除器连接的包层直径为第二阈值的第二掺镜光纤;以及与所述第二掺镜光纤的输出端连接的第二集束器,所述第二集束器的输出端通过光纤与所述第二模场匹配器连接,所述第二集束器的泵浦端与第二泵浦源连接。

[0013] 结合第一方面实施例的一种可能的实施方式,所述系统还包括:第二隔离器,所述预放大器通过所述第二隔离器与第一模场匹配器连接。

[0014] 结合第一方面实施例的一种可能的实施方式,所述第一阈值为125微米,所述第二阈值为400微米。

[0015] 结合第一方面实施例的一种可能的实施方式,所述第一模场匹配器用于使激光从包层直径为125 μm 的光纤传输至包层直径为400 μm 的光纤;所述第二模场匹配器用于使激光从包层直径为400 μm 的光纤传输至包层直径为125 μm 的光纤。

[0016] 结合第一方面实施例的一种可能的实施方式,所述种子激光光源为锁模脉冲种子源。

[0017] 本发明的其他特征和优点将在随后的说明书阐述,并且,部分地从说明书中变得显而易见,或者通过实施本发明实施例而了解。本发明的目的和其他优点可通过在所写的说明书以及附图中所特别指出的结构来实现和获得。

附图说明

[0018] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。通过附图所示,本发明的上述及其它目的、特征和优势将更加清晰。在全部附图中相同的附图标记指示相同的部分。并未刻意按实际尺寸等比例缩放绘制附图,重点在于示出本发明的主旨。

[0019] 图1示出了本发明实施例提供的一种高功率超连续谱激光系统的结构框图。

[0020] 图2示出了本发明实施例提供的放大组件的结构框图。

[0021] 图3示出了本发明实施例提供的预放大器的结构示意图。

[0022] 图4示出了本发明实施例提供的主放大器的结构示意图。

[0023] 图标:100—高功率超连续谱激光系统;10—种子激光源;20—放大组件;21—预放大器;211—第一包层功率剥除器;212—第一掺镜光纤;213—第一集束器;214—第一泵浦源;23—第一模场匹配器;25—主放大器;251—第二包层功率剥除器;252—第二掺镜光纤;253—第二集束器;254—第二泵浦源;27—第二模场匹配器;30—光子晶体光纤组件。

具体实施方式

[0024] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。通常在此处附图中描述和示出的本发明实施例的组件可以以各种不同的配置来布置和设计。

[0025] 因此,以下对在附图中提供的本发明的实施例的详细描述并非旨在限制要求保护的本发明的范围,而是仅仅表示本发明的选定实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0026] 应注意到:相似的标号和字母在下面的附图中表示类似项,因此,一旦某一项在一个附图中被定义,则在随后的附图中不需要对其进行进一步定义和解释。

[0027] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“左”、“右”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,或者是该发明产品使用时惯常摆放的方位或位置关系,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。此外,术语“第一”、“第二”、“第三”等仅用于区分描述,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0028] 在本发明的描述中,还需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“设置”、“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;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。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。

[0029] 本发明实施例提供了一种高功率超连续谱激光系统100,包括:种子激光源10、与所述种子激光源10光纤连接的放大组件20以及与所述放大组件20光纤连接的光子晶体光纤组件30。其中,所述光子晶体光纤组件30包括:依次连接的N个光子晶体光纤,所述N个光子晶体光纤中的第i个光子晶体光纤的纤芯大于第i+1个光子晶体光纤的纤芯,所述第i个光子晶体光纤的非线性系数小于所述第i+1个光子晶体光纤的非线性系数,其中,i依次取1到N-1,N为大于等于2的正整数。本申请实施例中,种子激光源10产生的种子激光经过放大组件20进行功率放大后输送至光子晶体光纤组件30中,在光子晶体光纤组件30的作用下,会发生各种非线性效应,使频谱展宽至几百纳米甚至更宽,进而输出超连续谱激光,此外,通过采用光子晶体光纤组件30中的光子晶体光纤的纤芯分段逐级递减,且非线性系数分段逐级递增的方式,来降低耦合的热负载,便于热管理,进而可以实现高功率超连续谱输出。

[0030] 种子激光源10,用于产生种子激光。为了便于获得高功率超连续谱激光,本申请实施例中,采用锁模脉冲种子源,以输出锁模激光脉冲。

[0031] 由于锁模脉冲种子源输出的锁模激光脉冲的功率较小,为了获得高功率超连续谱激光,通过放大组件20来对其进行功率放大,也即,放大组件20用于对种子激光源10输出的种子激光的功率进行放大。作为一种可选的实施方式,如图2所示,该放大组件20包括:预放大器21、第一模场匹配器23、主放大器25和第二模场匹配器27。其中,需要说明的是,本实施例中,仅示出了采用两级放大的放大组件20的示意图,但是并不能将其理解成是对本申请的限制,例如,该放大组件20还可以是采用一级放大、三级放大等。

[0032] 其中,该预放大器21通过光纤与种子激光源10连接,用于对种子激光的功率进行预放大,如将种子激光的输出功率放大至百W级别。本实施例中,该预放大器21所采用的增益光纤的包层直径为第一阈值,例如,为125 μm 。此时,用于连接预放大器21和种子激光源10的光纤的包层直径也为第一阈值,如125 μm 。本实施例中,作为一种可选的实施方式,如图3所示,该预放大器21包括:第一包层功率剥除器211、第一掺镜光纤212、第一集束器213以及第一泵浦源214。

[0033] 其中,第一包层功率剥除器211的输入端通过光纤与种子激光源10连接,其输出端与第一掺镜光纤212的一端连接。该第一包层功率剥除器211(Cladding Power Stripper, CPS)的作用是:去除包层残留泵浦光,以及从纤芯泄漏到内包层中传输的ASE (Amplified Spontaneous Emission,放大自发辐射)等,以保证系统的稳定性和可靠性。

[0034] 第一掺镜光纤212采用包层直径为第一阈值的掺镜光纤,例如,采用nufern公司的PLMA-YDF-10/125-M双包层掺镜光纤,纤芯和内包层直径分别是10 μm 和125 μm 。第一掺镜光纤212的另一端(也即输出端)与第一集束器213的输入端连接。其中,第一掺镜光纤212作为增益介质通过吸收泵浦能量,从而使得有源光纤出现粒子反转,产生受激辐射,使得信号光放大。

[0035] 第一集束器213的输出端通过光纤与第一模场匹配器23连接,第一集束器213的泵浦端与第一泵浦源214连接。其中,连接于第一集束器213的泵浦端的第一泵浦源214可以是采用多模半导体激光器。其数量可以是一个,也可以是两个或以上。

[0036] 其中,需要说明的是,本申请实施例中,预放大器21采用反向泵浦结构,有利于抑制脉冲放大过程中的非线性效应,自发受激辐射等,有利于优化输出光束质量,便于后续第一模场匹配器23耦合。当然并不能将图3所示的结构理解成是对本申请的限制。

[0037] 由于主放大器25所采用的增益光纤的包层直径为第二阈值,为了避免预放大器21的输出与主放大器25的输入模场不匹配,本实施例中,通过第一模场匹配器23实现包层直径为第一阈值的光纤到包层直径为第二阈值的光纤的模场匹配。经过模场匹配后,脉冲激光进入大包层光纤中传输,更粗的光纤对应更高的损伤阈值与耐受功率,意味着可以产生更高功率的锁模脉冲。

[0038] 主放大器25用于对输入到自身的脉冲激光的功率进行主放大,如将其功率放大至百KW级别。由于放大效率取决于所用增益光纤的长度,所用泵浦功率的大小,以及所用增益光纤类别等。因此,本实施例中,主放大器25所采用的增益光纤的包层直径为第二阈值,例如,为400 μm 。此时,用于连接第一模场匹配器23和主放大器25的光纤的包层直径也为第二阈值,如400 μm 。本实施例中,作为一种可选的实施方式,如图4所示,该主放大器25包括:第二包层功率剥除器251、第二掺镜光纤252、第二集束器253以及第二泵浦源254。

[0039] 其中,第二包层功率剥除器251的输入端通过光纤与第一模场匹配器23连接,其输

出端与第二掺镜光纤252的一端连接。该第二包层功率剥除器251(Cladding Power Stripper,CPS)的作用是:去除包层残留泵浦光,以及从纤芯泄漏到内包层中传输的ASE(Amplified Spontaneous Emission,放大自发辐射)等,以保证系统的稳定性和可靠性。

[0040] 第二掺镜光纤252采用包层直径为第二阈值的掺镜光纤,例如,采用nufern公司的PLMA-YDF-20/400-M双包层掺镜光纤,纤芯和内包层直径分别是20 μm 和400 μm 。第二掺镜光纤252的另一端(也即输出端)与第二集束器253的输入端连接。其中,第二掺镜光纤252作为增益介质通过吸收泵浦能量,从而使得有源光纤出现粒子反转,产生受激辐射,使得信号光放大。

[0041] 第二集束器253的输出端通过光纤与第二模场匹配器27连接,第二集束器253的泵浦端与第二泵浦源254连接。其中,连接于第二集束器253的泵浦端的第二泵浦源254可以是采用多模半导体激光器。其数量可以是一个,也可以是两个或以上。其中,第二泵浦源254的泵浦功率大于第一泵浦源214的泵浦功率。

[0042] 其中,需要说明的是,本申请实施例中,主放大器25也采用反向泵浦结构,有利于抑制脉冲放大过程中的非线性效应,自发受激辐射等,有利于优化输出光束质量,便于后续第二模场匹配器27耦合。当然并不能将图4所示的结构理解成是对本申请的限制。

[0043] 由于主放大器25所采用的增益光纤的包层直径为第二阈值,为了避免主放大器25的输出与光子晶体光纤组件30的输入模场不匹配,本实施例中,通过第二模场匹配器27实现包层直径为第二阈值的光纤到包层直径为第一阈值的光纤的模场匹配。

[0044] 其中,用于连接第一模场匹配器23与主放大器25的光纤的包层直径,虽然与用于连接主放大器25与第二模场匹配器27的光纤的包层直径大小相同,如均为400 μm ,但是两者的纤芯不尽相同,为了光束高效耦合,本申请实施例中,用于连接第一模场匹配器23与主放大器25的光纤的纤芯大于用于连接主放大器25与第二模场匹配器27的光纤的纤芯。

[0045] 其中,第二模场匹配器27与光子晶体光纤组件30中的第一个光子晶体光纤连接的光纤的包层直径为第一阈值,如125 μm 。

[0046] 由于光子晶体光纤组件30中的光子晶体光纤的包层直径为125 μm ,因此,要想将包层直径为400 μm 的光纤中的传输光束高效耦合进入光子晶体光纤组件30,则需要连接一个模场匹配器,即为上述的第二模场匹配器27。

[0047] 其中,与所述放大组件20光纤连接的光子晶体光纤组件30,所述光子晶体光纤组件30包括:依次连接的N个光子晶体光纤,所述N个光子晶体光纤中的第i个光子晶体光纤的纤芯大于第i+1个光子晶体光纤的纤芯,所述第i个光子晶体光纤的非线性系数小于所述第i+1个光子晶体光纤的非线性系数,其中,i依次取1到N-1,N为大于等于2的正整数。为了便于理解,以N为2为例,当然可以理解的是,N的取值为大于等于2的正整数,即可以是3、4、5等以上的数值。如当N为2时,即此时光子晶体光纤组件30包括2个光子晶体光纤,第一个光子晶体光纤的纤芯大于第二个光子晶体光纤的纤芯,第一个光子晶体光纤的非线性系数小于第二个光子晶体光纤的非线性系数。当N为3时,即此时光子晶体光纤组件30包括3个光子晶体光纤,第一个光子晶体光纤的纤芯大于第二个光子晶体光纤的纤芯,第二个光子晶体光纤的纤芯大于第三个光子晶体光纤的纤芯;第一个光子晶体光纤的非线性系数小于第二个光子晶体光纤的非线性系数,第二个光子晶体光纤的非线性系数小于第三个光子晶体光纤的非线性系数。

[0048] 其中,前一级的光子晶体光纤的纤芯之所以大于后一级的光子晶体光纤的纤芯,目的是实现分段逐级耦合,降低热负载,若直接将第二模场匹配器27的输出连接至后一级的光子晶体光纤,由于两者纤芯差异过大,熔接损耗很高,大量能量从熔接处溢出,导致难于热管理,难于实现高功率输出。

[0049] 其中,前一级的光子晶体光纤的非线性系数之所以小于后一级的光子晶体光纤的非线性系数。目的是实现分段级联超连续谱产生,超连续谱的产生需要短脉冲泵浦光子晶体光纤,而超连续谱产生过程中,由于出现剧烈的量子亏损,导致大量的能量以热能形式散发,若直接将第二模场匹配器27的输出连接至后一级的光子晶体光纤,由于后一级的光子晶体光纤的非线性极强,大量的热在熔接点附近产生,导致难于热管理,难于实现高功率超连续谱输出。而使用前一级的光子晶体光纤作为非线性匹配光纤,可以在其中实现第一部分超连续谱产生,第一部分超连续谱再进入后一级的光子晶体光纤,产生第二部分超连续谱,其量子亏损所导致的热能将从前、后级的光子晶体光纤两处溢出,便于热管理。

[0050] 其中,非线性系数直接决定非线性效应,非线性效应引发的量子亏损直接决定热管理的难度,非线性系数越大,量子亏损越。通过多级耦合的方式,可以使得原来在一处产生的量子亏损,被分摊到多处分别产生,以实现热管理。

[0051] 其中,需要说明的是,本实施例中的前一级和后一级是以激光的输出方向来说的,即靠近第二模场匹配器27一侧的光子晶体光纤为前一级光子晶体光纤。

[0052] 其中,所述N个光子晶体光纤中的相邻光子晶体光纤之间的连接为熔接,与所述放大组件20通过光纤连接的第一个光子晶体光纤的输入端的连接也为熔接。本实施例中,由于采用了具有上述特征的光子晶体光纤组件30,使得本申请实施例中,可以直接采用熔接机将晶体光纤与石英光纤(连接第二模场匹配器27输出端的光纤)进行熔接,即可实现高效耦合,不再采用拉锥的方式实现光子晶体光纤与石英光纤的熔接,不仅降低了耦合要求,而且还提高了耦合效率。

[0053] 其中,需要说明的是,现有技术中采用拉锥的方式实现光子晶体光纤与石英光纤的熔接的方式所存在的缺陷,均是发明人在经过实践并仔细研究后得出的结果,因此,上述问题的发现过程以及下文中本发明实施例针对上述问题所提出的解决方案,都应该是发明人在本发明过程中对本发明做出的贡献。

[0054] 其中,需要说明的是,虽然本实施例中,仅示出了第一阈值为125um,第二阈值为400um的情形,但是并不能将其理解成是对本申请的限制,两者也可以是其他数值,只要保证第二阈值大于第一阈值即可。

[0055] 作为一种可选的实施方式,为了防止预放大过程中产生的放大自发辐射(Amplified Spontaneous Emission, ASE)反向反馈造成器件的损坏,可以在种子激光源10与预放大器21之间连接一个隔离器,也即种子激光源10通过一隔离器与预放大器21连接。同理,可选地,也可以在预放大器21与第一模场匹配器23之间连接一个隔离器,也即预放大器21通过一隔离器与第一模场匹配器23连接。为了便于区分,可以将种子激光源10与预放大器21之间的隔离器称为第一隔离器,将预放大器21与第一模场匹配器23之间的隔离器称为第二隔离器。当然,第二隔离器也可以位于第一模场匹配器23与主放大器25之间。也即,此时,该系统还包括第一隔离器和第二隔离器。

[0056] 需要说明的是,本说明书中的各个实施例均采用递进的方式描述,每个实施例重

点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可。

[0057] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

100



图1

100

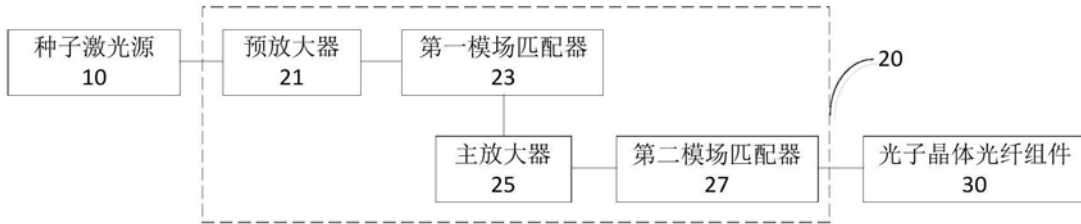


图2

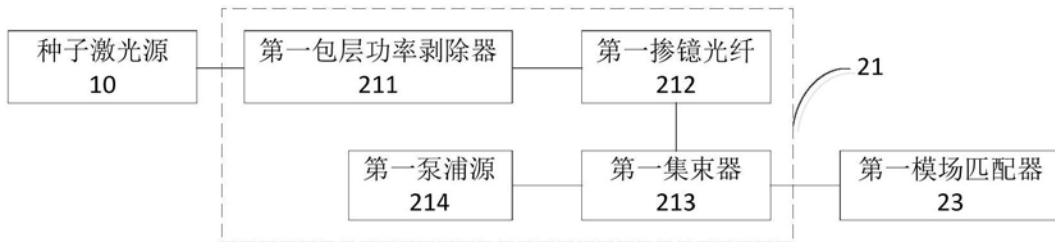


图3

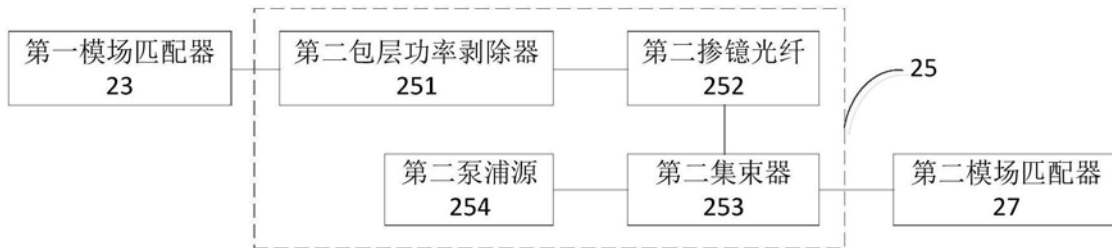


图4