



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102868082 A

(43) 申请公布日 2013.01.09

(21) 申请号 201210364009.1

(22) 申请日 2012.09.26

(71) 申请人 中国科学院西安光学精密机械研究所

地址 710119 陕西省西安市高新区新型工业园信息大道 17 号

(72) 发明人 余江波 彭波 韦玮

(74) 专利代理机构 西安智邦专利商标代理有限公司 61211

代理人 杨引雪

(51) Int. Cl.

H01S 3/04 (2006.01)

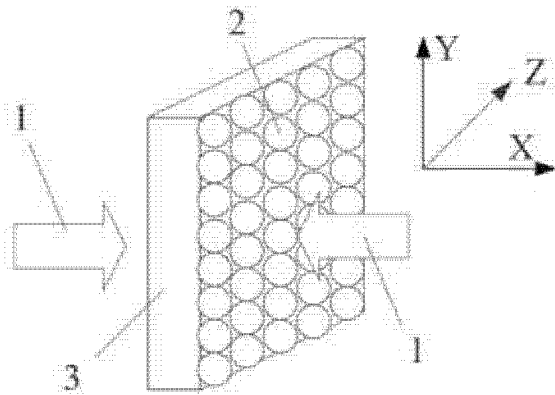
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 1 页

## (54) 发明名称

微珠浸没式液体激光器及其热管理方法

## (57) 摘要

本发明属液体激光器技术领域,具体涉及一种微珠浸没式液体激光器及其热管理方法。其方法的特点是将激光性能优良的稀土掺杂固体激光增益介质经过光学加工获得微珠,将微珠固定在荧光流动池中并完全浸没在匹配液中,折射率匹配液在微珠和荧光流动池四壁间流动,对增益介质进行直接冷却将泵浦过程中产生的废热带走。本方法具有不间断、实时、高效冷却的特点,可大大提高了热管理效率,极限热功率负载,从而允许注入更高的泵浦功率并大幅提高激光输出功率和频率。同时为光学性能优异但受生长尺寸限制而未被广泛应用的激光晶体提供了新的应用途径,具有广泛的应用前景。



1. 一种微珠浸没式液体激光器热管理方法,其特征在于,包括以下步骤:
  - 1] 制备激光增益微珠;
  - 2] 将多个激光增益微珠置于激光器的荧光流动池内,多个激光增益微珠之间不产生相对位移;
  - 3] 将折射率匹配液通入荧光流动池内,折射率匹配液流过多个激光增益微珠之间的间隙,通过热交换的方式将泵浦过程中产生的废热带出激光器。
2. 根据权利要求1所述的微珠浸没式液体激光器热管理方法,其特征在于:所述步骤2中,将多个激光增益微珠以矩形阵列方式排布在激光器的荧光流动池内。
3. 根据权利要求2所述的微珠浸没式液体激光器热管理方法,其特征在于:所述步骤2中,激光增益微珠以矩形阵列排列为一层或多层。
4. 根据权利要求1至3任一所述的微珠浸没式液体激光器热管理方法,其特征在于:所述激光增益微珠是掺杂有稀土离子的玻璃或晶体;所述激光增益微珠的直径尺寸为1~40mm;所述折射率匹配液为有机溶剂;所述荧光流动池为石英荧光流动池或同增益介质折射率相近的玻璃荧光流动池。
5. 根据权利要求4所述的微珠浸没式液体激光器热管理方法,其特征在于:所述激光增益微珠是掺铒磷酸盐玻璃, Yb:YAG 晶体或 NdP<sub>5</sub>O<sub>14</sub> 晶体;所述有机溶剂是重水、溴代萘、液体石蜡或苯甲醇;所述荧光流动池为 K9 玻璃荧光流动池或 ZBLAN 玻璃荧光流动池。
6. 一种微珠浸没式液体激光器,包括荧光流动池,荧光流动池一端设置有液体进口,另一端设置有液体出口,其特征在于:所述荧光流动池内设置有多个激光增益微珠,各激光增益微珠在荧光流动池内不产生相对位移。
7. 根据权利要求6所述的微珠浸没式液体激光器,其特征在于:所述多个激光增益微珠以矩形阵列方式排布在激光器的荧光流动池内。
8. 根据权利要求7所述的微珠浸没式液体激光器,其特征在于:所述激光增益微珠以矩形阵列排列为一层或多层。
9. 根据权利要求6至8任一所述的微珠浸没式液体激光器,其特征在于:所述液体进口所在一端的侧壁与激光增益微珠之间,液体出口所在一端的侧壁与激光增益微珠之间设置有用以防止液体流动带动激光增益微珠稳定进出口液体流速分布的阻隔层。
10. 根据权利要求8所述的微珠浸没式液体激光器,其特征在于:所述激光增益微珠的直径尺寸为1~40mm;所述荧光流动池内腔尺寸为1~40mm×4~400mm×10~600mm;所述激光增益微珠是掺铒磷酸盐玻璃, Yb:YAG 晶体或 NdP<sub>5</sub>O<sub>14</sub> 晶体;所述荧光流动池为 K9 玻璃荧光流动池或 ZBLAN 玻璃荧光流动池。

## 微珠浸没式液体激光器及其热管理方法

### 技术领域

[0001] 本发明属液体激光器技术领域,具体涉及一种微珠浸没式液体激光器及其热管理方法。

### 背景技术

[0002] 随着现代科学技术的发展,高功率高重复强激光技术目前已成为一个重要的热点方向,同时也对激光技术提出了更高的要求:输出阈值低、光束质量好、能够输出高平均功率、高能量和高重复率的使用。高能核聚变模拟实验所需的超强激光系统不仅是未来人类新能源的希望,而且在国防上也有着极其重要的地位。

[0003] 目前已经发展和正在发展的高重复强激光系统,除了部分领域在探索气体激光外,其余的大都采用固体激光,使用固态激光工作物质。但固态强激光系统由于激光增益介质的热传导效率较低并且在高能激光作用下会产生破坏性损伤,运行中的热管理等问题,在很大程度上限制了它的重复使用率、使用范围、运转周期和寿命。美国利弗莫尔国家实验室提出了采用激光器工作过程中不冷却,停止运转后对工作介质进行强制快速致冷的固体激光器热容模式(IEEE J. Quantum Electron., 31:293-300)。该方法在一定程度上提高了热管理效率,改善了输出光束质量,提高了平均输出功率和工作效率,但并未从根本上解决工作过程中的热效及工作介高能损伤等问题。

### 发明内容

[0004] 本发明提出一种微珠浸没式液体激光器及其热管理方法,主要针对现有技术无法有效解决热效及工作介高能损伤等问题。

[0005] 本发明的具体技术解决方案如下:

[0006] 该微珠浸没式液体激光器热管理方法,包括以下步骤:

[0007] 1] 制备激光增益微珠;

[0008] 2] 将多个激光增益微珠置于激光器的荧光流动池内,多个激光增益微珠之间不产生相对位移;

[0009] 3] 将折射率匹配液通入荧光流动池内,折射率匹配液流过多个激光增益微珠之间的间隙,通过热交换的方式将泵浦过程中产生的废热带出激光器。

[0010] 上述步骤2中,将多个激光增益微珠以矩形阵列方式排布在激光器的荧光流动池内,激光增益微珠可以实际应用环境以矩形阵列排列为一层或多层。

[0011] 上述激光增益微珠是掺杂有稀土离子的玻璃或晶体,以掺钕磷酸盐玻璃, Yb:YAG 晶体或 NdP<sub>5</sub>O<sub>14</sub> 晶体为佳;激光增益微珠的直径尺寸以 1~40mm 为佳;折射率匹配液为有机溶剂,以重水、溴代萘、液体石蜡或苯甲醇为佳;荧光流动池为石英荧光流动池或同增益介质折射率相近的玻璃荧光流动池,以荧光流动池为石英荧光流动池或 K9 玻璃荧光流动池为佳。

[0012] 该微珠浸没式液体激光器包括荧光流动池,荧光流动池一端设置有液体进口,另

一端设置有液体出口, 荧光流动池内设置有多个激光增益微珠, 各激光增益微珠在荧光流动池内不产生相对位移。

[0013] 上述多个激光增益微珠以矩形阵列方式排布在激光器的荧光流动池内, 激光增益微珠以矩形阵列排列为一层或多层。

[0014] 上述液体进口所在一端的侧壁与激光增益微珠之间, 液体出口所在一端的侧壁与激光增益微珠之间设置有用以防止液体流动带动激光增益微珠稳定进出口液体流速分布的阻隔层。

[0015] 上述激光增益微珠的直径尺寸为  $1\sim 40\text{mm}$ ; 荧光流动池内腔尺寸为  $1\sim 40\text{mm}\times 4\sim 400\text{mm}\times 10\sim 600\text{mm}$ ; 激光增益微珠是掺钕磷酸盐玻璃, Yb:YAG 晶体或  $\text{NdP}_5\text{O}_{14}$  晶体; 荧光流动池为石英荧光流动池或 K9 玻璃荧光流动池为佳。

[0016] 本发明的优点如下:

[0017] 该微珠浸没式液体激光器热管理方法, 采用激光特性优异的固体微珠做为激光增益介质, 可以直接提高增益介质的散热面积, 而微球结构具有极佳的机械性能和抗热冲击能力, 可以承受较高的热负载; 另外, 微球直径仅为毫米量级, 可以采用光学性能优异但受生长尺寸限制而未被广泛应用的激光晶体, 进一步提高激光材料的光学性能;

[0018] 该微珠浸没式液体激光器采用冷却液完全浸没增益介质并循环流动, 可以对增益介质进行不间断直接冷却的热管理, 液体对激光工作物质直接进行冷却, 大大提高了热管理效率, 极限热功率负载大幅提高, 从而允许注入更高的泵浦功率并大幅提高激光输出功率和频率, 降低激光泵浦过程中增益介质的高能损伤。

## 附图说明

[0019] 图 1 为本发明的激光增益介质泵浦示意图;

[0020] 图 2 为本发明的微珠浸没式液体激光器热管理方法原理示意图(Y-Z 剖面图)

[0021] 附图明细如下: 1 为泵浦光, 2 为微珠增益介质, 3 为非通光面, 4 为折射率匹配液进口, 5 为折射率匹配液出口, 6 为微珠间隙匹配液, 7、8 为匹配液进出口阻隔层。

## 具体实施方式

[0022] 本发明的原理如下:

[0023] 将激光性能优良的固体激光增益介质经过光学加工获得微珠, 将微珠固定在荧光流动池中, 折射率匹配液在微珠和荧光流动池四壁间流动, 通过匹配液的循环流动对增益介质进行直接冷却将泵浦过程中产生的废热带走, 最终实现激光器工作过程中的有效热管理。

[0024] 本发明使用的微珠为玻璃或者晶体材料, 如掺稀土离子磷酸盐玻璃或者 Re:YAG 晶体等, 经过光学加工成尺寸直径为  $1\sim 40\text{mm}$  的微珠。

[0025] 本发明使用的荧光流动池为石英或者玻璃材料, 四面为通光窗口, 流动池内可填充单排或多排微珠阵列, 上下两端密封并留有液体进出口。

[0026] 本发明使用的折射率匹配液为有机液体的单一或者多组分混合液, 通过对其进行动态调整实现在激光输出波长与固体增益介质折射率匹配。

[0027] 以下结合附图及实施例对本发明做详细说明。

[0028] 该微珠浸没式液体激光器热管理方法,包括以下步骤:

[0029] 1] 制备激光增益微珠,固体激光增益微珠的直径为  $1\sim 40\mu\text{m}$ ,材料为稀土掺杂激光玻璃或者激光晶体材料;以掺钕磷酸盐玻璃, Yb:YAG 晶体或  $\text{NdP}_5\text{O}_{14}$  晶体为佳;

[0030] 2] 将多个激光增益微珠置于激光器的荧光流动池内,多个激光增益微珠之间不产生相对位移;一般是将多个激光增益微珠以矩形阵列方式排布在激光器的荧光流动池内,激光增益微珠可以实际应用环境以矩形阵列排列为一层或多层;当然也可以采取其它排列方式,但应至少保证在通入折射率匹配液后激光增益微珠之间不会产生相对位移;

[0031] 3] 将折射率匹配液通入荧光流动池内,折射率匹配液流过多激光增益微珠之间的间隙,通过热交换的方式将泵浦过程中产生的废热带出激光器;具体如图 2 所示,折射率匹配液通过进口 4 进入荧光流动池,在微珠阵列的间隙流动并实现热交换以带走泵浦过程中产生的废热,对增益介质进行不间断直接冷却,最后通过出口 5 流出增益区。其中 7 和 8 为阻隔层,防止液体流动带动微珠增益介质,同时可以稳定进出口液体流速分布。折射率匹配液为有机溶剂,以重水、溴代萘、液体石蜡或苯甲醇为佳;荧光流动池为石英荧光流动池或同增益介质折射率相近的玻璃荧光流动池,以荧光流动池为石英荧光流动池或 K9 玻璃荧光流动池为佳。

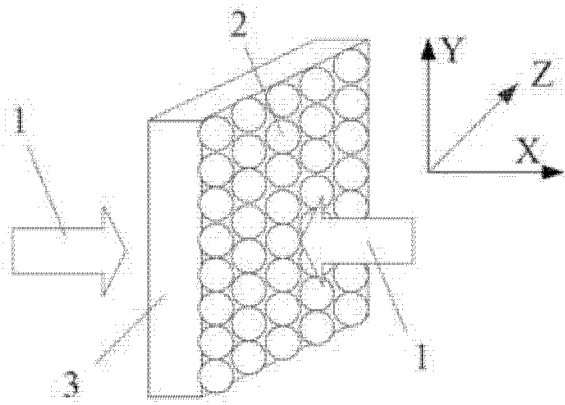


图 1

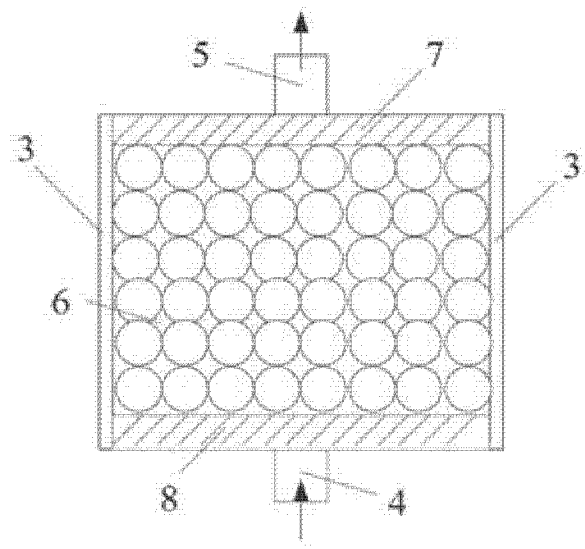


图 2