



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113675717 B

(45) 授权公告日 2023.03.14

(21) 申请号 202010407907.5

H01S 3/00 (2006.01)

(22) 申请日 2020.05.14

(56) 对比文件

CN 1462096 A, 2003.12.17

CN 1466251 A, 2004.01.07

CN 102603194 A, 2012.07.25

CN 105314873 A, 2016.02.10

JP 2002107778 A, 2002.04.10

US 5684815 A, 1997.11.04

Hang Lin.Ultraviolet upconversion luminescence of Gd<sup>3+</sup> and Eu<sup>3+</sup> in nano-structured glass ceramics.《Materials Research Bulletin》.2011,

审查员 林玉华

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113675717 A

(43) 申请公布日 2021.11.19

(73) 专利权人 香港理工大学深圳研究院

地址 518057 广东省深圳市南山区高新园  
南区粤兴一道18号香港理工大学产学  
研大楼205室

(72) 发明人 王婷 余兆丰

(74) 专利代理机构 深圳中一专利商标事务所  
44237

专利代理人 牟蓓佳

(51) Int.Cl.

H01S 3/094 (2006.01)

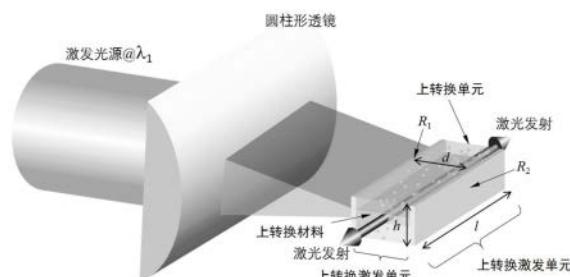
权利要求书1页 说明书8页 附图1页

(54) 发明名称

上转换激发单元及其激光器

(57) 摘要

本发明属于激光器技术领域，尤其涉及一种上转换激发单元，所述上转换激发单元包括：相对且平行设置的全反射镜和非全反射镜，以及设置在所述全反射镜和所述非全反射镜之间的上转换单元；所述上转换单元包括微晶载体和分布在所述微晶载体内部的上转换材料。本发明提供的上转换激发单元，通过在上转换单元的相对两侧，依次引入非全反射镜和全反射镜，提高腔体内上转换材料对入射光波的吸收效率，从而提升上转换材料对光波的转化效率，增加上转换激发单元的激光发射效率，减少了激发光源的溢出损失。



1. 一种上转换激发单元，其特征在于，所述上转换激发单元包括：相对且平行设置的全反射镜和非全反射镜，以及设置在所述全反射镜和所述非全反射镜之间的上转换单元；所述上转换单元包括微晶载体和分布在所述微晶载体内部的上转换材料；其中，所述非全反射镜选自对入射光的折射率为80%~95%的反射镜；通过所述全反射镜和所述非全反射镜将光源限制在所述上转换单元内，减少光源溢流；入射光被所述上转换材料转换后沿平行于反射镜的方向从所述上转换激发单元的侧面发射出去。

2. 如权利要求1所述的上转换激发单元，其特征在于，所述微晶载体选自晶体材料或微晶玻璃；和/或，

所述上转换材料包括纳米晶载体和掺杂在所述纳米晶载体中的稀土离子。

3. 如权利要求2所述的上转换激发单元，其特征在于，所述纳米晶载体选自： $\text{NaYF}_4$ 、 $\text{CaF}_2$ 、 $\text{Ba}_2\text{LaF}_7$ 、 $\text{LaF}_3$ 、 $\text{NaGdF}_4$ 中的至少一种；和/或，

所述稀土离子包括： $\text{Er}^{3+}$ 、 $\text{Ho}^{3+}$ 、 $\text{Tm}^{3+}$ 中的至少一种，以及 $\text{Yb}^{3+}$ ；或者， $\text{Er}^{3+}$ 、 $\text{Ho}^{3+}$ 、 $\text{Tm}^{3+}$ 中的至少一种，以及 $\text{Yb}^{3+}$ 和 $\text{Gd}^{3+}$ ；或者， $\text{Pr}^{3+}$ 和 $\text{Gd}^{3+}$ 。

4. 如权利要求2所述的上转换激发单元，其特征在于，所述晶体材料选自：氟化钇晶体、钇铝石榴石晶体中的至少一种；和/或，

所述微晶玻璃选自： $45\text{SiO}_2-15\text{Al}_2\text{O}_3-12\text{Na}_2\text{CO}_3-\text{Ba}_2\text{LaF}_7$ 、 $40\text{SiO}_2-8\text{AlF}_3-4\text{TiO}_2-20\text{BaF}_2$ 、 $40\text{SiO}_2-13\text{Al}_2\text{O}_3-10\text{Na}_2\text{CO}_3-20\text{BaF}_2$ 、 $\text{InF}_3-25\text{ZnF}_2-25\text{SrF}_2-15\text{BaF}_2-5\text{NaF}-1\text{GaF}_3$ 、 $40\text{SiO}_2-20\text{Al}_2\text{O}_3-20-\text{xNa}_2\text{O}-5\text{MgO}-10\text{NaYF}_4$ 中的至少一种。

5. 如权利要求3或4所述的上转换激发单元，其特征在于，所述上转换材料中，所述纳米晶载体和所述稀土离子的摩尔比例为1:(0.1~1)；和/或，

所述上转换单元中，所述微晶载体与所述上转换材料的摩尔比为(1~2):(1~5)。

6. 如权利要求5所述的上转换激发单元，其特征在于，所述上转换激发单元为长方体，所述全反射镜和所述非全反射镜之间的垂直距离为3毫米~3厘米。

7. 如权利要求1~4或6任一所述的上转换激发单元，其特征在于，所述上转换单元对入射光源的吸收率为 $0.5 \text{ L.mol}^{-1}/\text{cm}^{-1} \sim 10 \text{ L.mol}^{-1}/\text{cm}^{-1}$ 。

8. 一种上转换激光器，其特征在于，包括如权利要求1~7任一所述的上转换激发单元和光源单元，所述光源单元发射的入射光源从所述非全反射镜的一侧进入所述上转换激发单元。

9. 如权利要求8所述的上转换激光器，其特征在于，所述入射光源垂直于所述非全反射镜进入所述上转换激发单元；和/或，

所述光源单元选自发射波长为400nm~1200nm的激光器光源；和/或，

所述光源单元选自脉冲激光器或连续激光器。

## 上转换激发单元及其激光器

### 技术领域

[0001] 本发明属于激光器技术领域，尤其涉及一种上转换激发单元，以及一种上转换激光器。

### 背景技术

[0002] 近年来，上转换激光器由于可以将低能量光子转换为高能量光子而备受关注，尤其是能够将红外光转换为可见光并且达到了实用水平。不仅可以应用于光生物成像，还可以用于波长可调的高能深紫外激光，尤其是应用于紫外杀菌，通信等。然而随着材料的发现，上转换材料目前面临巨大问题就是如何将发光效率提高。当前上转换材料的发光效率较低，尤其是深紫外激光器，其发光效率一般低于1%，这将明显限制其应用，从而导致上转换激光器的发展陷入停滞不前的局面。即便目前有人提出在从上转换材料方面入手，通过引入核-壳结构，引入表面等离子体共振方法；或者对其表面缺陷进行修复等方法来实现上转换发光材料的增强，从而实现上转换激光器效率的增加。然而即便从材料的优化角度入手，上转换材料的发光效率仍然非常低，目前也难以突破发光效率低的局面。有效提高上转换激光器的激光效率，对实现高效率上转换激光器来说仍然非常困难。尤其是为了实现短波段多光子上转换，更佳困难。因此提高上转换激光器的激光效率迫在眉睫。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种上转换激发单元，旨在解决现有上转换激光器的激光效率低的技术问题。

[0004] 本发明的目的在于提供一种上转换激光器。

[0005] 为了实现上述发明目的，本发明采用的技术方案如下：

[0006] 一种上转换激发单元，所述上转换激发单元包括：相对且平行设置的全反射镜和非全反射镜，以及设置在所述全反射镜和所述非全反射镜之间的上转换单元；所述上转换单元包括微晶载体和分布在所述微晶载体内部的上转换材料。

[0007] 优选地，所述非全反射镜选自对入射光的折射率为80%～95%的反射镜。

[0008] 优选地，所述微晶载体选自晶体材料或微晶玻璃；和/或，

[0009] 所述上转换材料包括纳米晶载体和掺杂在所述纳米晶载体中的稀土离子。

[0010] 优选地，所述纳米晶载体选自： $\text{NaYF}_4$ 、 $\text{CaF}_2$ 、 $\text{Ba}_2\text{LaF}_7$ 、 $\text{LaF}_3$ 、 $\text{NaGdF}_4$ 中的至少一种；和/或，

[0011] 所述稀土离子包括： $\text{Er}^{3+}$ 、 $\text{Ho}^{3+}$ 、 $\text{Tm}^{3+}$ 中的至少一种，以及 $\text{Yb}^{3+}$ ；或者， $\text{Er}^{3+}$ 、 $\text{Ho}^{3+}$ 、 $\text{Tm}^{3+}$ 中的至少一种，以及 $\text{Yb}^{3+}$ 和 $\text{Gd}^{3+}$ ；或者， $\text{Pr}^{3+}$ 和 $\text{Gd}^{3+}$ 。

[0012] 优选地，所述晶体材料选自：氟化钇晶体、钇铝石榴石晶体中的至少一种；和/或，

[0013] 所述微晶玻璃选自： $45\text{SiO}_2\text{-}15\text{Al}_2\text{O}_3\text{-}12\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-}\text{Ba}_2\text{LaF}_7$ 、 $40\text{SiO}_2\text{-}8\text{AlF}_3\text{-}4\text{TiO}_2\text{-}20\text{BaF}_2$ 、 $40\text{SiO}_2\text{-}13\text{Al}_2\text{O}_3\text{-}10\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-}20\text{BaF}_2$ 、 $\text{InF}_3\text{-}25\text{ZnF}_2\text{-}25\text{SrF}_2\text{-}15\text{BaF}_2\text{-}5\text{NaF}\text{-}1\text{GaF}_3$ 、 $40\text{SiO}_2\text{-}20\text{Al}_2\text{O}_3\text{-}20\text{-xNa}_2\text{O}\text{-}5\text{MgO}\text{-}10\text{NaYF}_4$ 中的至少一种。

[0014] 优选地，所述上转换材料中，所述纳米晶载体和所述稀土离子的摩尔比例为1：(0.1~1)；和/或，

[0015] 所述上转换单元中，所述微晶载体与所述上转换材料的摩尔比为(1~2)：(1~5)。

[0016] 优选地，所述上转换激发单元为长方体，所述全反射镜和所述非全反射镜相对的两个侧面之间的垂直距离为3毫米~3厘米。

[0017] 优选地，所述上转换单元对入射光源的吸收率为 $0.5L\cdot mol^{-1}/cm^{-1}\sim 10L\cdot mol^{-1}/cm^{-1}$ 。

[0018] 相应地，一种上转换激光器，包括上述的上转换激发单元和光源单元，所述光源单元发射的入射光源从所述非全反射镜的一侧进入所述上转换激发单元。

[0019] 优选地，所述入射光源垂直于所述非全反射镜进入所述上转换激发单元；和/或，

[0020] 所述光源单元选自发射波长为400nm~1200nm的激光器光源；和/或，

[0021] 所述光源单元选自脉冲激光器或连续激光器。

[0022] 本发明提供的上转换激发单元包括：相对且平行设置的全反射镜和非全反射镜，以及设置在所述全反射镜和所述非全反射镜之间的上转换单元；所述上转换单元包括微晶载体和分布在所述微晶载体内部的上转换材料。相对设置的全反射镜可以有效抑制光源波段的溢出，使到达全反射镜的入射光全反射回到上转换单元。当入射光运动到非全反射镜时，由于非全反射镜的折射作用减少了光源溢出，尽可能的将光源限制在上转换单元内，提高上转换单元中上转换材料对光源的吸收效率，从而提高上转换材料对入射光源的转化效率。本发明实提供的上转换激发单元，通过在上转换单元的相对两侧，依次引入非全反射镜和全反射镜，提高腔体内上转换材料对入射光波的吸收效率，从而提升上转换材料对光波的转化效率，增加上转换激发单元的激光发射效率，减少了激发光源的溢出损失。

[0023] 本发明上转换激光器，通过光源单元发射入射光源，入射光源从所述非全反射镜的一侧进入所述上转换激发单元内，上转换激发单元中相对设置的非全反射镜和全反射镜，将入射光源限制在上转换单元内，提高上转换单元中上转换材料对光源的吸收效率，从而提高上转换材料对入射光源的转化效率，从而提高激光器的激光效率。

## 附图说明

[0024] 图1是本发明实施例提供的上转换激光器的工作示意图。

[0025] 图2是本发明实施例1~3上转换激发单元的腔长与激发吸收率的关系图。

## 具体实施方式

[0026] 为使本发明实施例的目的、技术方案和技术效果更加清楚，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。结合本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做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。

[0027] 在本发明的描述中，需要理解的是，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一个或者多个该特征。在本发明的描述中，“多个”的含义是两个或两个以上，除非另有明确具体的限定。

[0028] 本发明实施例说明书中所提到的相关成分的重量不仅仅可以指代各组分的具体含量，也可以表示各组分间重量的比例关系，因此，只要是按照本发明实施例说明书相关组分的含量按比例放大或缩小均在本发明实施例说明书公开的范围之内。具体地，本发明实施例说明书中所述的重量可以是 $\mu\text{g}$ 、 $\text{mg}$ 、 $\text{g}$ 、 $\text{kg}$ 等化工领域公知的质量单位。

[0029] 本发明实施例提供了一种上转换激发单元，包括：上转换激发单元包括：相对且平行设置的全反射镜和非全反射镜，以及设置在全反射镜和非全反射镜之间的上转换单元；上转换单元包括微晶载体和分布在微晶载体内部的上转换材料。

[0030] 本发明实施例提供的上转换激发单元包括：上转换激发单元包括：相对且平行设置的全反射镜和非全反射镜，以及设置在全反射镜和非全反射镜之间的上转换单元；上转换单元包括微晶载体和分布在微晶载体内部的上转换材料。相对设置的全反射镜可以有效抑制光源波段的溢出，使到达全反射镜的入射光全反射回到上转换单元。当入射光运动到非全反射镜时，由于非全反射镜的折射作用减少了光源溢出，尽可能的将光源限制在上转换单元内，提高上转换单元中上转换材料对光源的吸收效率，从而提高上转换材料对入射光源的转化效率。本发明实提供的上转换激发单元，通过在上转换单元的相对两侧，依次引入非全反射镜和全反射镜，提高腔体内上转换材料对入射光波的吸收效率，从而提升上转换材料对光波的转化效率，增加上转换激发单元的激光发射效率，减少了激发光源的溢出损失。

[0031] 本发明实施例中，全反射镜对入射光的折射率为100%，对入射光源进行全反射，防止入射光源溢出。在一些实施例中，非全反射镜选自对入射光的折射率为80%~95%的反射镜。本发明实施例通过在上转换单元的一侧设置折射率为80%~95%的非全反射镜，入射光从该反射镜进入上转换单元后可以将大部分入射光限制在上转换单元内，防止光子溢出。当非全反射镜对入射光的折射率为80%~95%时，上转换材料对入射光的吸收率可提高40%左右，显著提升了上转换材料对入射光的吸收及转化效率，从而有效提高激光器的激光发射效率。

[0032] 在一些实施例中，上转换材料中包括纳米晶载体和掺杂在纳米晶载体中的稀土离子。本发明实施例通过在纳米晶载体中通过离子取代等方式掺杂稀土离子，在受到入射光源激发时，稀土离子能够发射出波长比激发波长短的光，即反-斯托克斯光。

[0033] 在一些具体实施例中，稀土离子包括： $\text{Er}^{3+}$ 、 $\text{Ho}^{3+}$ 、 $\text{Tm}^{3+}$ 中的至少一种，以及 $\text{Yb}^{3+}$ 。本发明实施例上转换激发单元的上转换单元中， $\text{Yb}^{3+}$ 离子能够吸收980nm激发光能量，并将能量传递给 $\text{Er}^{3+}$ 、 $\text{Ho}^{3+}$ 、 $\text{Tm}^{3+}$ 等离子，使 $\text{Er}^{3+}$ 、 $\text{Ho}^{3+}$ 、 $\text{Tm}^{3+}$ 等离子发生能级跃迁实现短波长深紫外光的激光发射。

[0034] 在一些具体实施例中，稀土离子包括： $\text{Er}^{3+}$ 、 $\text{Ho}^{3+}$ 、 $\text{Tm}^{3+}$ 中的至少一种，以及 $\text{Yb}^{3+}$ 和 $\text{Gd}^{3+}$ 。本发明实施例上转换激发单元的上转换单元中，稀土离子还包括 $\text{Gd}^{3+}$ ， $\text{Gd}^{3+}$ 在稀土离子激发光发射中起到能量传递的桥梁作用，当 $\text{Yb}^{3+}$ 离子吸收的激发光能量传递给 $\text{Er}^{3+}$ 、 $\text{Ho}^{3+}$ 、 $\text{Tm}^{3+}$ 后， $\text{Er}^{3+}$ 、 $\text{Ho}^{3+}$ 、 $\text{Tm}^{3+}$ 发生能级跃迁能够发射不同波段的光， $\text{Gd}^{3+}$ 能够将 $\text{Er}^{3+}$ 、 $\text{Ho}^{3+}$ 、 $\text{Tm}^{3+}$ 发射的不同波段的光中长波长光的能量传递给短波长的光，实现更高能量段波长光的发射，提高稀土离子发光波段的选择性，提高上转换激发单元更高能量光的发射效率。

[0035] 在一些具体实施例中，稀土离子包括： $\text{Pr}^{3+}$ 和 $\text{Gd}^{3+}$ 。本发明实施例上转换激发单元的上转换单元中，通过 $\text{Pr}^{3+}$ 离子吸收激发光能量，然后通过 $\text{Pr}^{3+}$ 离子将吸收的光子通过多光

子吸收传递给Gd<sup>3+</sup>离子,实现短波长高能量上转换发光。

[0036] 在一些实施例中,纳米晶载体选自:NaYF<sub>4</sub>、CaF<sub>2</sub>、Ba<sub>2</sub>LaF<sub>7</sub>、LaF<sub>3</sub>、NaGdF<sub>4</sub>中的至少一种。本发明实施例上转换材料中以NaYF<sub>4</sub>、CaF<sub>2</sub>、Ba<sub>2</sub>LaF<sub>7</sub>、LaF<sub>3</sub>、NaGdF<sub>4</sub>等中的至少一种作为纳米晶载体,稀土离子结合在纳米晶载体上,所采用的上述纳米晶载体具有声子能量低,荧光效率高等特点,不但能为稀土离子受激实现深紫外上转换发光提供载体基质。在一些实施例中,纳米晶载体可在微晶载体中通过退火等工艺生长成纳米晶载体,在析出纳米晶载体的过程中稀土离子与纳米晶载体材料发生离子置换,从而在微晶载体中形成包含有稀土离子的晶体颗粒,为稀土离子的发光提供环境条件。本发明实施例纳米晶载体包括但不限于NaYF<sub>4</sub>、CaF<sub>2</sub>、Ba<sub>2</sub>LaF<sub>7</sub>、LaF<sub>3</sub>、NaGdF<sub>4</sub>,也可以是其他纳米晶载体,只要能为稀土离子受激实现上转换发光提供载体基质即可。

[0037] 在一些实施例中,微晶载体选自:晶体材料、微晶玻璃中的一种。本发明实施例上转换激发单元的增益腔体中,采用晶体材料或微晶玻璃作为上转换单元的载体,这些材料具有优异的热稳定性和化学稳定性,不但适用于高温激发,提高了上转换激发单元耐激发性和使用寿命,而且适用于高密度激发,提高了上转换激发单元的激光发射效率。

[0038] 在一些具体实施例中,晶体材料选自:氟化钇晶体、钇铝石榴石晶体中的至少一种。在一些具体实施例中,微晶玻璃选自:45SiO<sub>2</sub>-15Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-12Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-Ba<sub>2</sub>LaF<sub>7</sub>、40SiO<sub>2</sub>-8AlF<sub>3</sub>-4TiO<sub>2</sub>-20BaF<sub>2</sub>、40SiO<sub>2</sub>-13Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-10Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-20BaF<sub>2</sub>、InF<sub>3</sub>-25ZnF<sub>2</sub>-25SrF<sub>2</sub>-15BaF<sub>2</sub>-5NaF-1GaF<sub>3</sub>、40SiO<sub>2</sub>-20Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-20-xNa<sub>2</sub>O-5MgO-10NaYF<sub>4</sub>中的至少一种,这些微晶玻璃具有机械强度高,绝缘性能优良,介电损耗少,介电常数稳定,热膨胀系数可在很大范围调节,耐化学腐蚀,耐磨,热稳定性好,使用温度高等优良特性,因而能够有效提高上转换激发单元的热稳定性、化学稳定性等耐受性,从而提高了上转换激发单元的激光发射稳定性和使用寿命。

[0039] 在一些实施例中,上转换材料中,纳米晶载体和稀土离子的摩尔比例为1:(0.1~1)。本发明实施例提供的上转换激发单元的上转换单元中,稀土离子以离子取代的形式掺杂到纳米晶载体的晶格中形成上转换材料,具体可通过稀土离子对纳米晶载体中半径相当晶格位置的取代实现对纳米晶载体的掺杂。纳米晶载体和稀土离子的摩尔比例可以是1:(0.1~1),当稀土离子在纳米晶载体中的掺杂比例1:1时,每个纳米晶载体中均通过离子取代掺杂有稀土离子上转换材料。上转换单元中稀土离子在微晶基体中掺杂比例越高,则激光器对入射光的转化效果越好。

[0040] 在一些实施例中,上转换单元中,微晶载体与上转换材料的摩尔比为(1~2):(1~5),若上转换材料的摩尔比过高,则在微晶载体中容易团聚,分散均匀性差,影响激光器的透光性,透光性差的激光器既不利于激发光激发稀土离子,也不利于激光器内部光传导,且光损耗大,发光效率低;若上转换材料的摩尔比过低,则降低了微腔激光器中稀土离子的上转换发光效率。在一些实施例中,上转换激发单元中,微晶载体与上转换材料的摩尔比可以是1:1、2:1、1:2、1:3、1:5、2:3或2:5。

[0041] 在一些实施例中,上转换激发单元为长方体,全反射镜和非全反射镜相对的两个侧面之间的垂直距离为3毫米~3厘米。本发明实施例提供的上转换激发单元为长方体,全反射镜和非全反射镜相对的两个侧面之间的垂直距离为3毫米~3厘米,入射光源从非全反射镜一侧进入激光器内,通过相对设置的全反射镜和非全反射镜对入射光源的反射,将大部分的光源限制在上转换单元内,提高上转换材料对入射光源的吸光效率,从而提高上转

换和激发效率。若全反射镜和非全反射镜相对的两个侧面之间的垂直距离过短，则不利于入射光在上转换单元内反馈运动，不利于上转换材料对入射光的吸收；当全反射镜和非全反射镜相对的两个侧面之间的垂直距离过长，大于3厘米时，上转换材料对入射光源的吸收效率基本不再增加。

[0042] 在一些实施例中，上转换单元对入射光的吸收率为 $0.5\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}/\text{cm}^{-1} \sim 10\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}/\text{cm}^{-1}$ 。本发明提供的上转换激发单元中上转换单元对入射光的吸收率为 $0.5\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}/\text{cm}^{-1} \sim 10\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}/\text{cm}^{-1}$ ，吸收效率高，吸收率范围宽，应用范围广。

[0043] 相应地，本发明实施例还提供了一种上转换激光器，包括上述的上转换激发单元和光源单元，光源单元发射的入射光源从非全反射镜的一侧进入上转换激发单元。

[0044] 本发明实施例上转换激光器，通过光源单元发射入射光源，入射光源从非全反射镜的一侧进入上转换激发单元内，上转换激发单元中相对设置的非全反射镜和全反射镜，将入射光源限制在上转换单元内，提高上转换单元中上转换材料对光源的吸收效率，从而提高上转换材料对入射光源的转化效率，从而提高激光器的激光效率。

[0045] 在一些实施例中，入射光源垂直于非全反射镜进入上转换激发单元，使入射光源更容易进入上转换单元内，减少非全反射镜对入射光源的折射导致的光损失。同时有利于入射光在上转换单元平行反馈。

[0046] 在一些实施例中，光源单元选自发射波长为400nm~1200nm的激光器光源。本发明实施例提供的上转换激光器通过对上转化材料的选择，可实现对400nm~1200nm长波长的入射光进行转化，发射出短波长、高频率、高能量的光，可应用功能波长范围宽，实用性强。

[0047] 在一些实施例中，光源单元选自脉冲激光器或连续激光器。本发明实施例对入射光源的光源单元可灵活选择，在一些具体实施例中，光源单元可选自脉冲激光器或连续激光器。

[0048] 如附图1所示，在一些实施例中，上转换激光器包括：激发光源@ $\lambda_1$ 、上转换激发单元，以及处理激发光源的透镜，其中，上转换激发单元包括相对设置的全反射镜R<sub>2</sub>和非全反射镜R<sub>1</sub>，以及设置在中间的上转换单元，该上转换单元包含上转换材料，激发腔体的长为l，宽为d，高为h。激发光源 $\lambda_1$ 通过圆柱形透镜等对入射光源处理后，从上转换激发单元的非全反射镜R<sub>1</sub>一侧射入到上转换单元中，通过全反射镜R<sub>2</sub>和非全反射镜R<sub>1</sub>对入射光的反射聚集，提高腔体中上转换材料对光学的吸收转换，长波长低能量的光被上转换材料转换成短波长高能量的光后，在光学腔体内延平行于反射镜的方向从激光器侧面发射出去，提高了激光发射效率，减少了光源溢出损失。在一些具体实施例中，可在如附图1所示的上转换激光器的上转换激发单元的上下两侧设置全反射镜，使发射激光从左右两侧发射；或在上转换激发单元的左右两侧设置全反射镜，使发射激光从上下两侧发射；或者在上下侧边和左边或右边侧，或者左右侧边和上侧边或下侧边的三个侧面设置全反射镜，使激光从某一侧发射出去。通过在其他侧边设置全反射镜，控制发射激光的射出方向，使发射激光更集中。

[0049] 为使本发明上述实施细节和操作能清楚地被本领域技术人员理解，以及本发明实施例上转换激发单元及激光器的进步性能显著的体现，以下通过实施例来举例说明上述技术方案。

[0050] 实施例1

[0051] 一种上转换激光器，包括：相对设置的折射率为100%的全反射镜和折射率为95%

的非全反射镜,以及设置在全反射镜和非全反射镜之间的上转换单元;上转换单元包括 $40\text{SiO}_2\text{-}13\text{Al}_2\text{O}_3\text{-}10\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-}20\text{BaF}_2\text{-}4\text{LaF}_3$ 玻璃载体和分布在玻璃载体内部的上转换材料,上转换材料中包括 $\text{Ba}_2\text{LaF}_7$ 纳米晶载体和掺杂在纳米晶载体中的 $\text{Yb}^{3+}$ 和 $\text{Tm}^{3+}$ 稀土;上转换材料通过680℃退火1小时的方式析出。其中,相比于 $\text{Ba}_2\text{LaF}_7$ , $\text{Yb}^{3+}$ 和 $\text{Tm}^{3+}$ 的掺杂百分比(相比于 $\text{Ba}_2\text{LaF}_7$ )分别是90%,3%。上转换激发单元为长方体,全反射镜和非全反射镜相对的两个侧面之间的垂直距离从大于0厘米到4厘米变化;入射光激发光源为脉冲激光器光源,从垂直于非全反射镜远离上转换单元的一侧表面进入上转换激发单元。

[0052] 实施例2

[0053] 一种上转换激光器,包括:相对设置的折射率为100%的全反射镜和折射率为95%的非全反射镜,以及设置在全反射镜和非全反射镜之间的上转换单元;上转换单元包括 $40\text{SiO}_2\text{-}13\text{Al}_2\text{O}_3\text{-}10\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-}20\text{BaF}_2\text{-}4\text{LaF}_3$ 玻璃载体和分布在玻璃载体内部的上转换材料,上转换材料中包括 $\text{Ba}_2\text{LaF}_7$ 纳米晶载体和掺杂在纳米晶载体中的 $\text{Yb}^{3+}$ 和 $\text{Tm}^{3+}$ 稀土;上转换材料通过670℃退火1小时的方式析出。其中,相比于 $\text{Ba}_2\text{LaF}_7$ , $\text{Yb}^{3+}$ 和 $\text{Tm}^{3+}$ 的掺杂百分比(相比于 $\text{Ba}_2\text{LaF}_7$ )分别是90%,3%。上转换激发单元为长方体,全反射镜和非全反射镜相对的两个侧面之间的垂直距离从大于0厘米到4厘米变化;入射光激发光源为脉冲激光器光源,从垂直于非全反射镜远离上转换单元的一侧表面进入上转换激发单元。

[0054] 实施例3

[0055] 一种上转换激光器,包括:相对设置的折射率为100%的全反射镜和折射率为95%的非全反射镜,以及设置在全反射镜和非全反射镜之间的上转换单元;上转换单元包括 $40\text{SiO}_2\text{-}13\text{Al}_2\text{O}_3\text{-}10\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-}20\text{BaF}_2\text{-}4\text{LaF}_3$ 玻璃载体和分布在玻璃载体内部的上转换材料,上转换材料中包括 $\text{Ba}_2\text{LaF}_7$ 纳米晶载体和掺杂在纳米晶载体中的 $\text{Yb}^{3+}$ 和 $\text{Tm}^{3+}$ 稀土;上转换材料通过660℃退火1小时的方式析出。其中,相比于 $\text{Ba}_2\text{LaF}_7$ , $\text{Yb}^{3+}$ 和 $\text{Tm}^{3+}$ 的掺杂百分比(相比于 $\text{Ba}_2\text{LaF}_7$ )分别是90%,3%。上转换激发单元为长方体,全反射镜和非全反射镜相对的两个侧面之间的垂直距离从大于0厘米到4厘米变化;入射光激发光源为脉冲激光器光源,从垂直于非全反射镜远离上转换单元的一侧表面进入上转换激发单元。

[0056] 对比例1

[0057] 一种上转换激光器,包括:上转换单元;上转换单元包括 $40\text{SiO}_2\text{-}13\text{Al}_2\text{O}_3\text{-}10\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-}20\text{BaF}_2\text{-}4\text{LaF}_3$ 玻璃载体和分布在玻璃载体内部的上转换材料,上转换材料中包括 $\text{Ba}_2\text{LaF}_7$ 纳米晶载体和掺杂在纳米晶载体中的 $\text{Yb}^{3+}$ 和 $\text{Tm}^{3+}$ 稀土;上转换材料通过680℃退火1小时的方式析出。其中,相比于 $\text{Ba}_2\text{LaF}_7$ , $\text{Yb}^{3+}$ 和 $\text{Tm}^{3+}$ 的掺杂百分比(相比于 $\text{Ba}_2\text{LaF}_7$ )分别是90%,3%。入射光激发光源为脉冲激光器光源,垂直于进入上转换单元。

[0058] 对比例2

[0059] 一种上转换激光器,包括:上转换单元;上转换单元包括 $40\text{SiO}_2\text{-}13\text{Al}_2\text{O}_3\text{-}10\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-}20\text{BaF}_2\text{-}4\text{LaF}_3$ 玻璃载体和分布在玻璃载体内部的上转换材料,上转换材料中包括 $\text{Ba}_2\text{LaF}_7$ 纳米晶载体和掺杂在纳米晶载体中的 $\text{Yb}^{3+}$ 和 $\text{Tm}^{3+}$ 稀土;上转换材料通过670℃退火1小时的方式析出。其中,相比于 $\text{Ba}_2\text{LaF}_7$ , $\text{Yb}^{3+}$ 和 $\text{Tm}^{3+}$ 的掺杂百分比(相比于 $\text{Ba}_2\text{LaF}_7$ )分别是90%,3%。入射光激发光源为脉冲激光器光源,垂直于上转换单元进入。

[0060] 对比例3

[0061] 一种上转换激光器,包括:上转换单元;上转换单元包括 $40\text{SiO}_2\text{-}13\text{Al}_2\text{O}_3\text{-}10\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-}20\text{BaF}_2\text{-}4\text{LaF}_3$ 玻璃载体和分布在玻璃载体内部的上转换材料,上转换材料中包括 $\text{Ba}_2\text{LaF}_7$ 纳米晶载体和掺杂在纳米晶载体中的 $\text{Yb}^{3+}$ 和 $\text{Tm}^{3+}$ 稀土;上转换材料通过660℃退火1小时的方式析出。其中,相比于 $\text{Ba}_2\text{LaF}_7$ , $\text{Yb}^{3+}$ 和 $\text{Tm}^{3+}$ 的掺杂百分比(相比于 $\text{Ba}_2\text{LaF}_7$ )分别是90%,3%。入射光激发光源为脉冲激光器光源,垂直于上转换单元进入。

20BaF<sub>2</sub>-4LaF<sub>3</sub>玻璃载体和分布在玻璃载体内部的上转换材料,上转换材料中包括Ba<sub>2</sub>LaF<sub>7</sub>纳米晶载体和掺杂在纳米晶载体中的Yb<sup>3+</sup>和Tm<sup>3+</sup>稀土;上转换材料通过660℃退火1小时的方式析出。其中,相比于Ba<sub>2</sub>LaF<sub>7</sub>,Yb<sup>3+</sup>和Tm<sup>3+</sup>的掺杂百分比(相比于Ba<sub>2</sub>LaF<sub>7</sub>)分别是90%,3%。入射光激发光源为脉冲激光器光源,垂直于上转换单元进入。

[0062] 进一步的,为了验证本发明实施例1~3和对比例1~3上转换激光器的进步性,本发明实施例进行了性能测试。

[0063] 测试例1

[0064] 本测试例通过积分球测量了实施例1~3和对比例1~3的最佳激光效率,测试结果如下表1所示:

[0065] 表1

	激光效率 L/mol.cm <sup>-1</sup>
[0066]	实施例 1 5.84
	实施例 2 2.6
	实施例 3 0.7
	对比例 1 4.2
	对比例 2 2
[0067]	对比例 3 0.5

[0068] 由上述测试结果可知,本发明实施例1~3上转换激光器的激光效率相对于为设置反射镜的对比例1~3的上转换激光器的激光效率提升了40%左右,显著的提高了激光器的激光发射效率。

[0069] 测试例2

[0070] 本测试例通过光学模拟对实施例1~3激光器的激发吸收效率与上转换激发单元的腔长(全反射镜和非全反射镜相对的垂直距离)的变化关系进行了模拟计算,计算结果如附图2所示(横坐标为腔长、纵坐标为激发吸收效率)。当腔长增加到3厘米时,激发吸收效率α基本稳定,且呈轻微下降趋势,因此,激光器的腔长设置在3毫米~3厘米之间为宜。具体地,如:实施例1增益腔体的理论激光吸收效率为4.2cm<sup>-1</sup>时,在腔长为0.35cm的时候,激发吸收效率提高接近40%;实施例2增益腔体的理论激光吸收效率为2cm<sup>-1</sup>时,在腔长为0.6cm的时候,激发吸收效率提高接近35%;实施例3增益腔体的理论激光吸收效率为0.5cm<sup>-1</sup>时,在腔长为2.5cm的时候,激发吸收效率提高接近35%。

[0071] 另外,本发明实施例还通过积分球测试了实施例1和对比例1激光器的激光阈值,测试结果如下表2所示:

[0072] 表2

	激光阈值 (mJ/cm <sup>2</sup> )
对比例1	120

实施例1	80
------	----

[0074] 由上述测试结果可知,本发明实施例1增设前后反射镜后的激光器的激光阈值相对于未增设反射镜对比例1的激光阈值降低了40%,说明本发明实施例1激光器的激光发射功率更低,更容易发射出激光。

[0075] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

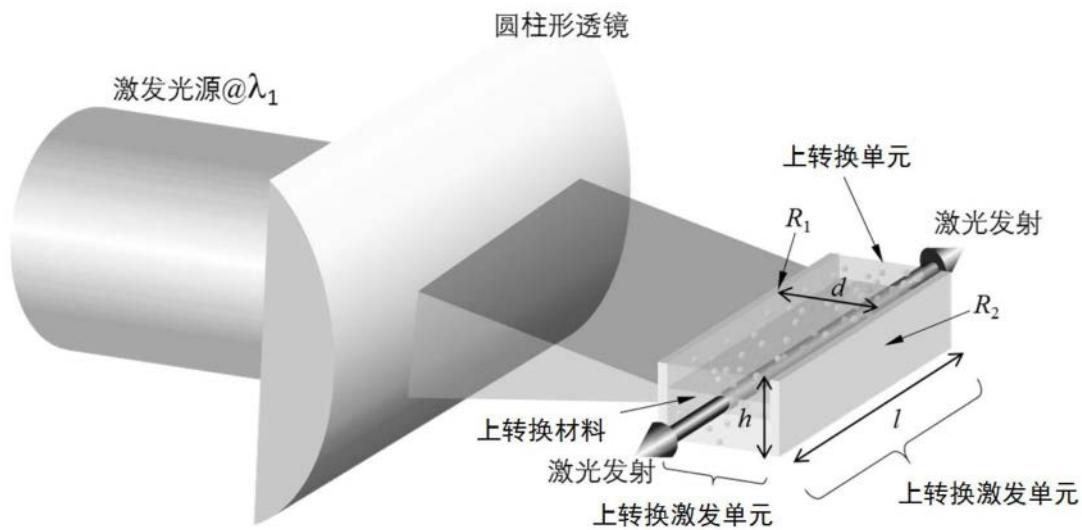


图1

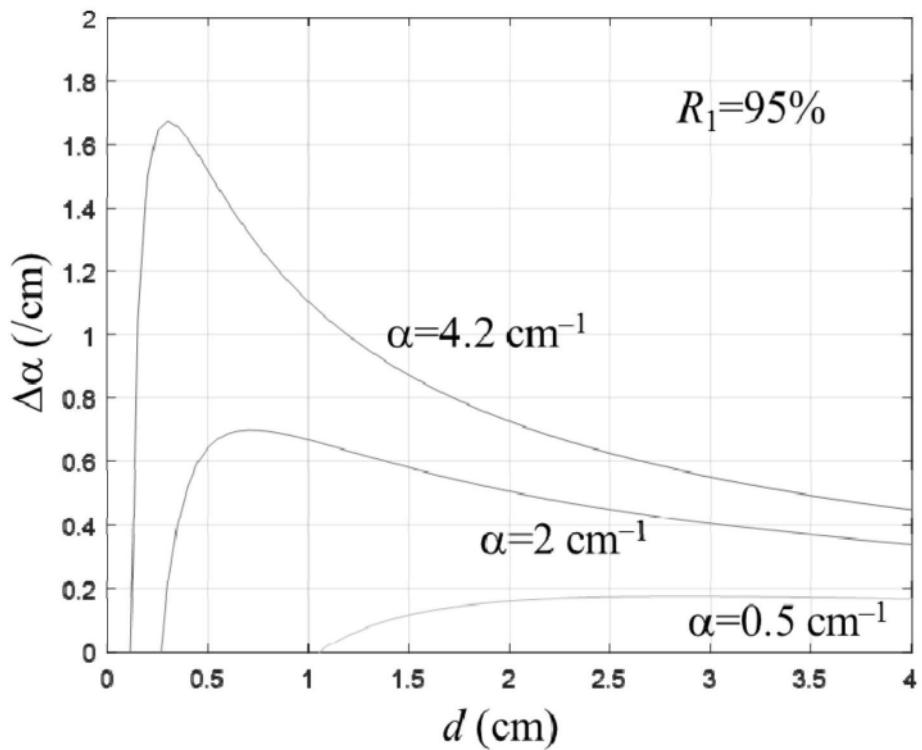


图2