



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102074888 A

(43) 申请公布日 2011. 05. 25

(21) 申请号 201010159918. 2

H01S 3/102(2006. 01)

(22) 申请日 2010. 04. 23

H01S 3/042(2006. 01)

(71) 申请人 中国科学院理化技术研究所

H01S 3/06(2006. 01)

地址 100190 北京市海淀区中关村北一条 2 号

H01S 3/082(2006. 01)

申请人 山东大学

(72) 发明人 许祖彦 宗楠 韩琳 王保山

彭钦军 王继扬 张怀金 王正平

于浩海 蒋民华

(74) 专利代理机构 北京法思腾知识产权代理有

限公司 11318

代理人 杨小蓉 高宇

(51) Int. Cl.

H01S 3/16(2006. 01)

H01S 3/109(2006. 01)

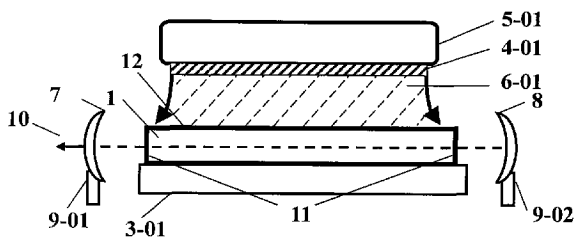
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 3 页

(54) 发明名称

具有单一束激光输出或线阵激光输出的自倍频激光器

(57) 摘要

本发明提供的具有单一束激光输出或线阵激光输出的自倍频激光器,包括泵浦源、光学晶体、激光谐振腔和具有散热和控温功能的晶体冷却控温装置;该自倍频晶体的板条的两头的端面,经光学抛光并镀上对于基频光和倍频光高透射的膜;板条状的自倍频晶体的一个面放置在第一晶体冷却控温装置上,泵浦源至少对准自倍频晶体一个面进入,泵光进入处镀对泵光高透的膜,进行泵浦并被充分吸收,使得基频激光和倍频激光在晶体沿“一”字或“之”字传播,实现单一束激光输出或线阵激光输出。本发明的激光器增大了晶体的有效冷却面积,有利于晶体高效散热和精确控温,减小晶体内热梯度,使倍频过程更好地满足相位匹配要求;而且,可实现单一束激光输出和线阵输出。



1. 一种具有单一束激光输出的自倍频激光器,包括第一泵浦源和第二泵浦源、光学晶体、激光谐振腔 A 镜、激光谐振腔 B 镜和具有散热和控温功能的第一晶体冷却控温装置;其特征在于,所述光学晶体为自倍频晶体,所述的自倍频晶体制作成长度 $L \times$ 宽度 $W \times$ 厚度 H 的板条状,切割时长度方向为自倍频晶体的相位匹配方向,为通光方向;该自倍频晶体的板条的两头的端面 (11),经光学抛光并镀上对于基频光和倍频光高透射的膜;所述板条状的自倍频晶体放置在第一晶体冷却控温装置上,所述泵浦源对准自倍频晶体的一个面进行泵浦,并在泵浦光进入处镀对泵光高透的膜,进行泵浦并被充分吸收,所述激光谐振腔 A 镜和激光谐振腔 B 镜的膜分别镀在所述板条状的自倍频晶体两头的端面上,或者在所述板条状的自倍频晶体两头的端面 (11) 外侧分别放置独立的激光谐振腔 A 镜和激光谐振腔 B 镜,使得基频激光和倍频激光在晶体内沿“一”字传播,实现单一束激光输出;

其中,在所述激光谐振腔 A 镜的膜为对于基频光高反射率、对于倍频光高透射率的膜;在所述激光谐振腔 B 镜的膜为对于基频光高反射率、对于倍频光高透射率的膜。

2. 根据权利要求 1 所述的具有单一束激光输出的自倍频激光器,其特征在于,还包括第二晶体冷却控温装置,所述的第二晶体冷却控温装置设置在自倍频晶体的另一表面。

3. 根据权利要求 1 所述的具有单一束激光输出的自倍频激光器,其特征在于,所述泵浦源对准自倍频晶体的任一个面进行泵浦指的是泵浦源对板条状自倍频晶体的两头端面或其中一端面进行泵浦、对板条状自倍频晶体前后侧面或其中一侧面进行泵浦、在板条晶体非制冷面的上表面大面积进行泵浦或者在板条状自倍频晶体两末端部分的上下表面处进行泵浦。

4. 根据权利要求 1 所述的具有单一束激光输出的自倍频激光器,其特征在于,所述第一激光谐振腔 A 或第二激光谐振腔 B 镜,分别是平凹镜、平平镜、平凸镜、石英晶片基质,光学玻璃等材料,或者直接将其制作在板条型自倍频晶体端面上。

5. 根据权利要求 1 所述的具有单一束激光输出的自倍频激光器,其特征在于,所述自倍频晶体为掺钕三硼酸钙氧钇晶体 Nd:YCOB、掺钕三硼酸钙氧钇钆晶体 Nd:GdCOB 或掺镱四硼酸铝钇晶体 Yb:YAB。

6. 一种具有线阵激光输出的自倍频激光器,包括第一泵浦源、光学晶体、激光谐振腔和具有散热和控温功能的第一晶体冷却控温装置;其特征在于,所述光学晶体为自倍频晶体,所述的自倍频晶体制作成长度 $L \times$ 宽度 $W \times$ 厚度 H 的板条状,该板条状的自倍频晶体的两头的端面 11 切成斜面;在该自倍频晶体的上表面或下表面键合第一衬底,或者上表面和下表面分别键合第一衬底和第二衬底,或者在该自倍频晶体的上表面和下表面镀上对于基频光高反的膜,或者在该自倍频晶体的上表面镀上对于基频光高反、倍频光高透的膜,下表面镀上对于基频光高反的膜;并且在该自倍频晶体的一个表面安装第一晶体冷却控温装置,或者第一晶体冷却控温装置和第二晶体冷却控温装置分别安装在该自倍频晶体的 2 个表面上;所述的第一泵浦源对准所述自倍频晶体的一个面进行泵浦,或在板条晶体非制冷面的上表面大面积进入泵浦,泵光进入处镀对泵光高透的膜,进行泵浦并被充分吸收;所述激光谐振腔 A 镜和激光谐振腔 B 镜的膜分别镀在所述板条状的自倍频晶体两头的端面上,使得基频激光和倍频激光在晶体内沿“之”字传播,倍频光在板条状的自倍频晶体的表面成线阵输出,或在端面成单一束激光输出;

其中,所述自倍频晶体切割方向为:该自倍频晶体前后侧面平行于两个非线性系数较

大的相位匹配方向 $(\theta 1, \phi 1)$ 和 $(\theta 2, \phi 2)$ 所确定的平面,该自倍频晶体的上下表面垂直于这两个相位匹配方向 $(\theta 1, \phi 1)$ 和 $(\theta 2, \phi 2)$ 的平分线;

当谐振腔直接镀在晶体端面时,所述的端面斜角为 $\alpha / 2$;

其中,所述激光谐振腔 A 镜镀的膜为对于基频光高反射率、对于倍频光高透射率的膜;在所述激光谐振腔 B 镜镀的膜为对于基频光高反射率、对于倍频光高反射率的膜。

7. 根据权利要求 5 所述的具有线阵激光输出的自倍频激光器,其特征在于,还包括在所述板条状的自倍频晶体两头的端面 (11) 外侧分别放置独立的激光谐振腔 A 镜和激光谐振腔 B 镜,所述的自倍频晶体端面斜角为:端面斜角为 x ,其中 $n \cdot \sin(\alpha / 2 - x) = \sin(90^\circ - x)$, n 为自倍频晶体的折射率, α 为自倍频晶体中沿“之”字型传播的两个方向光的夹角;使得基频激光和倍频激光在晶体内沿“之”字传播。实现具有单一束激光输出的自倍频激光器;

其中,所述激光谐振腔 A 镜上镀有对于基频光高反射率、对于倍频光高透射率的膜;在所述激光谐振腔 B 镜镀上对于基频光高反射率、对于倍频光高反射率的膜。

8. 根据权利要求 6 所述的具有线阵激光输出的自倍频激光器,其特征在于,所述第一激光谐振腔 A 或第二激光谐振腔 B 镜,分别是平凹镜、平平镜、平凸镜、石英晶片基质或光学玻璃。

9. 根据权利要求 6 所述的具有线阵激光输出的自倍频激光器,其特征在于,所述自倍频晶体为掺钕三硼酸钙氧钇晶体 Nd:YCOB、掺钕三硼酸钙氧钇钆晶体 Nd:GdCOB 或掺镱四硼酸铝钇晶体 Yb:YAB。

10. 根据权利要求 6 所述的具有线阵激光输出的自倍频激光器,其特征在于,所述衬底为折射率小于 $n \cdot \sin(\alpha / 2)$ 的材料。

具有单一束激光输出或线阵激光输出的自倍频激光器

技术领域

[0001] 本发明涉及全固态激光领域,特别涉及一种基于板条状自倍频晶体、具有单一束激光输出或线阵激光输出的固体激光器。

背景技术

[0002] 某些晶体不仅具有非线性特性,可以进行非线性频率变换,而且当在这种基质中掺入稀土激活离子时,还可作为激光增益材料。这种复合功能晶体可以用于产生基频激光,并通过自身的非线性效应对该基频光进行倍频,从而产生倍频激光输出,因此被称为自倍频晶体。基于自倍频晶体的激光器被称为自倍频激光器。由于它复合功能性强、结构紧凑、稳定性高而受到人们青睐。

[0003] 目前,自倍频激光器多为端面泵浦块状或棒状晶体方式 [1.1 W CWself-frequency-doubled diode-pumped Yb:YAl₃(BO₃)₄ laser, Peter Dekker, Judith M. Dawes, James A. Piper, Yaogang Liu, Jiyang Wang, OpticsCommunications, 195(2001)431-436]。这种泵浦方式下,晶体内纵向热梯度大,影响了基频光光束质量和倍频效率。

发明内容

[0004] 本发明的目的是针对目前自倍频激光器晶体内纵向热梯度大、自倍频效率不高的问题;从而提供一种将自倍频晶体设计成板条状,使激光在晶体中沿“一”字型或“之”字传播的具有单一束激光输出或线阵输出的自倍频激光器。该激光器使用板条状自倍频晶体,一方面,增大了晶体的有效冷却面积,有利于晶体高效散热和精确控温,减小晶体内热梯度,使倍频过程更好地满足相位匹配要求;另一方面,不仅可以实现单一束激光输出,也可以实现线阵激光输出。

[0005] 本发明的目的是这样实现的:

[0006] 本发明提供的具有单一束激光输出、激光在晶体内沿“一”字型传播的自倍频激光器,包括第一泵浦源和第二泵浦源、光学晶体、激光谐振腔 A 镜、激光谐振腔 B 镜和具有散热和控温功能的第一晶体冷却控温装置;其特征在于,所述光学晶体为自倍频晶体,所述的自倍频晶体制作成长度 L×宽度 W×厚度 H 的板条状,切割晶体长度方向为自倍频晶体的相位匹配方向即为通光方向;该自倍频晶体的板条的两头的端面 11,经光学抛光并镀上对于基频光和倍频光高透射的膜;所述板条状的自倍频晶体的一个面放置在第一晶体冷却控温装置上,所述泵浦源对准自倍频晶体的一个面进行泵浦,泵光进入处镀对泵光高透的膜,进行泵浦并被充分吸收;所述激光谐振腔 A 镜和激光谐振腔 B 镜的膜分别镀在所述板条状的自倍频晶体两头的端面上,或者在所述板条状的自倍频晶体两头的端面(即板条状的自倍频晶体长边的两端)外侧分别放置独立的激光谐振腔 A 镜和激光谐振腔 B 镜,使得基频激光和倍频激光在晶体内沿“一”字传播,实现单一束激光输出。

[0007] 在上述的技术方案中,所述泵浦源对准自倍频晶体的任一个面进行泵浦指的是泵

浦源对板条状自倍频晶体的两头端面或其中一端面进行泵浦、对板条状自倍频晶体前后侧面或其中一侧面进行泵浦、在板条晶体非制冷面的上表面大面积进行泵浦或者在板条状自倍频晶体两末端部分的上下表面处进行泵浦。

[0008] 在上述的技术方案中,还包括第二晶体冷却控温装置,所述的第二晶体冷却控温装置设置在自倍频晶体的另一表面。

[0009] 本发明提供的具有单一束激光输出或线阵激光输出、激光在晶体内沿“之”字型传播的自倍频激光器,包括第一泵浦源、光学晶体、激光谐振腔和具有散热和控温功能的第一晶体冷却控温装置;其特征在于,所述光学晶体为自倍频晶体,所述的自倍频晶体制作成长度 $L \times$ 宽度 $W \times$ 厚度 H 的板条状,该板条状的自倍频晶体的两头的端面 11(即板条状的自倍频晶体长边的两端)切成斜面;在该自倍频晶体的上表面或下表面键合第一衬底,或者上表面和下表面分别键合第一衬底和第二衬底,或者在该自倍频晶体的上表面和下表面镀上对于基频光高反的膜,或者在该自倍频晶体的上表面镀上对于基频光高反、倍频光高透的膜,下表面镀上对于基频光高反的膜;并且在该自倍频晶体的一个表面安装第一晶体冷却控温装置,或者第一晶体冷却控温装置和第二晶体冷却控温装置分别安装在该自倍频晶体的 2 个表面上;所述的第一泵浦源对准所述自倍频晶体的一个面进行泵浦,或在板条晶体非制冷面的上表面大面积进入泵浦,泵光进入处镀对泵光高透的膜,进行泵浦并被充分吸收;所述激光谐振腔 A 镜和激光谐振腔 B 镜的膜分别镀在所述板条状的自倍频晶体两头的端面上,或在所述板条状的自倍频晶体两头的端面(即板条状的自倍频晶体长边的两端)外侧分别放置独立的激光谐振腔 A 镜和激光谐振腔 B 镜,使得基频激光和倍频激光在晶体内沿“之”字传播,倍频光在板条状的自倍频晶体的表面成线阵输出,或在端面成单一束激光输出;

[0010] 其中,所述自倍频晶体切割方向为:该自倍频晶体前后侧面(长度 $L \times$ 厚度 H 的面)平行于两个非线性系数较大的相位匹配方向 $(\theta 1, \phi 1)$ 和 $(\theta 2, \phi 2)$ 所确定的平面,自倍频晶体的上下表面垂直于这两个相位匹配方向 $(\theta 1, \phi 1)$ 和 $(\theta 2, \phi 2)$ 的平分线;

[0011] 上述技术方案中,还包括第二泵浦源,所述的第一泵浦源和所述的第二泵浦源输出光分别对准该板条状自倍频晶体的两头的端面 11 进行泵浦、分别对准该板条状自倍频晶体前后侧面进行泵浦,或者在该板条状自倍频晶体两末端部分的上下表面处进行泵浦。

[0012] 上述技术方案中,所述的自倍频晶体端面斜角为:端面斜角为 x , 其中 $n \cdot \sin(\alpha/2-x) = \sin(90^\circ -x)$, n 为自倍频晶体的折射率, α 为自倍频晶体中沿“之”字型传播的两个方向光的夹角;使得基频激光和倍频激光在晶体内沿“之”字传播,实现具有单一束激光输出的自倍频激光器。当谐振腔膜直接镀在晶体端面时,端面斜角为 $\alpha/2$ 。

[0013] 上述技术方案中,所述激光谐振腔 A 镜上镀有对于基频光高反射率、对于倍频光高透射率的膜;在所述激光谐振腔 B 镜镀上对于基频光高反射率、对于倍频光高反射率的膜。

[0014] 上述技术方案中,所述第一激光谐振腔 A、第二激光谐振腔 B 镜,可以分别是平凹镜、平平镜、平凸镜、石英晶片基质,光学玻璃等材料,或者直接将其制作在板条型自倍频晶体端面上。所述激光谐振腔为由 A、B 镜组成的对光具有正反馈作用的激光谐振腔。

[0015] 上述技术方案中,所述自倍频晶体为掺钕三硼酸钙氧钇晶体(以下简称 Nd:YCOB)、掺钕三硼酸钙氧钇钆晶体(以下简称 Nd:GdCOB)或掺镱四硼酸铝钇晶体(以下

简称 Yb:YAB)。

[0016] 上述技术方案中,所述衬底为折射率小于 $n \cdot \sin(\alpha/2)$ 的材料,例如蓝宝石、二氧化铪(简称 HfO_2) 材料,其中 n 为自倍频晶体的折射率, α 为自倍频晶体中沿“之”字型传播的两个方向光的夹角,从而使得基频光和倍频光在晶体的上、下表面产生全反射而被限制在晶体中传播;板条晶体的两个表面也可以进行光学抛光,镀上对于基频光和倍频光具有高反射率的介质膜或金属膜,使得基频光和倍频光在晶体的上、下表面产生全反射而被限制在晶体中传播。

[0017] 上述技术方案中,所述泵浦源为自倍频晶体的吸收波长,如 Nd:YCOB 晶体与 Nd:GdCOB 晶体的泵浦源波长可以在 808nm ~ 813nm 波段,。

[0018] 本发明提供了一种板条自倍频固体激光器与现有技术相比具有如下优点:

[0019] 本发明提供的具有单一束激光输出或线阵输出的自倍频激光器,由于使用了板条状的自倍频晶体,首先光学晶体为自倍频晶体,使用单一块晶体实现了激光和非线性两种功能,具有结构紧凑、节约成本等优点。

[0020] 第二,由于增大了自倍频晶体的有效冷却面积,有利于自倍频晶体高效散热和精确控温,减小自倍频晶体内热梯度,使倍频过程更好地满足相位匹配要求;

[0021] 本发明提供的这种板条自倍频激光器,不仅可以实现单一束激光输出,也可以实现单一线阵激光输出或者线阵激光输出,更利于应用在激光显示等领域。

附图说明

[0022] 以下,结合附图和实施例对本发明进行详细地说明

[0023] 图 1 给出示出本发明的具有单一束激光束出的激光器结构示意图

[0024] 图 2 为本发明基于板条状自倍频晶体的侧面泵浦的、实现线阵激光输出的自倍频激光器的示意图

[0025] 图 3 为本发明实施例 2 中自倍频晶体 Nd:YCOB 的 1060nm 倍频产生 530nm 的 I 类相位匹配角

[0026] 图 4 示出了实施例 2 中 Nd:YCOB 晶体的切割方向示意图;

[0027] 图 5 为本发明实施例 3 制作的采用对自倍频晶体的两个端面进行泵浦的激光器结构示意图;

[0028] 图 6 为本发明实施例 4 制作的在板条状的自倍频晶体上下表面的靠近左右端面处进行泵浦的激光器结构示意图;

[0029] 图面说明如下:

[0030] 1- 为自倍频晶体

[0031] 2-01- 第一衬底材料

2-02- 第二衬底材料

[0032] 3-01 第一晶体冷却控温装置

3-02- 第二晶体冷却控温装置

[0033] 4-01 第一泵浦源

4-02- 第二泵浦源

[0034] 5-01 第一泵浦源散热装置

5-02- 第二泵浦源散热装置

[0035] 6-01 第一泵光束

6-02- 第二泵光束

[0036] 7- 谐振腔 A 镜(输出镜)

8- 谐振腔 B 镜(高反镜)

[0037] 9-01- 第一谐振腔镜 A 的固定装置

9-02- 第二谐振腔镜 B 的固定装置

- [0038] 10- 为激光输出方向 11- 板条两头的端面
[0039] 12- 自倍频晶体的上表面

具体实施方式

[0040] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图和具体实施例对本发明做进一步详细说明。

[0041] 实施例 1

[0042] 参考图 1,本实施例制做一种基于 Nd:YCOB 晶体的板条自倍频激光器,腔内激光在晶体内沿“一”字型传播,实现单一束激光输出。

[0043] 自倍频晶体 1 采用掺杂浓度为 8at. % 的 Nd:YCOB 晶体,该自倍频晶体制作成长度 L× 宽度 W× 厚度 H 的板条状,即加工成 5×1×3mm³ 的板条状,自倍频晶体 1 水平方向(沿长度 L 方向)为有效非线性系数最大的相位匹配方向。该自倍频晶体的板条的两头的端面 11,经光学抛光并镀上对于基频光和倍频光高透射的膜。

[0044] 本实施例的第一晶体冷却控温装置 3-01 采用本行业通用的晶体冷却控温装置。

[0045] 自倍频晶体 1 放置并固定在具有散热和控温功能的第一晶体冷却控温装置 3-01 上。第一泵浦源 4-01 被放置在第一泵浦源散热装置 5-01 上,第一泵浦源 4-01 对准自倍频晶体 1 的上表面 12(长度 L× 宽度 W 的面),进行泵浦并被充分吸收(也就是说泵浦源对准自倍频晶体的一个面进行泵浦都可以,如果是在下表面进行泵浦也可以,就将第一晶体冷却控温装置安装在该自倍频晶体 1 的上表面 12,如果从侧面进行泵浦的话也可以),激光谐振腔的谐振腔 A 镜 7 和谐振腔 B 镜 8,分别放置在板条状的自倍频晶体两头的端面 11(即板条状的自倍频晶体长边的两端)外侧,第一泵浦源 4-01 从自倍频晶体上表面大面积泵浦进入晶体。谐振腔 A 镜 7、谐振腔 B 镜 8 形成谐振腔,基频激光在腔内形成谐振,倍频光沿激光输出方向 10 方向出射,见图 1。

[0046] 其中,谐振腔 A 镜 7 和谐振腔 B 镜 8 可以是平凹镜、平平镜、平凸镜、石英晶片基质,光学玻璃等材料,或者直接将其制作在板条型自倍频晶体端面上,都是本发明的一种实施例。

[0047] 实施例 2

[0048] 参见图 2,本实施例制做一种基于板条状 Nd:YCOB 自倍频晶体的固体激光器,腔内激光在晶体内沿“之”字型传播,倍频光在输出镜 A 端出射,实现了单一束激光输出。

[0049] 第一衬底 2-01、第二衬底 2-02 为一块 H₂O₂ 板材;第一衬底 2-01、第二衬底 2-02 的大小与自倍频晶体 1 的大小相等。第一晶体冷却控温装置 3-01、第二晶体冷却控温装置 3-02,采用市场上购买的常规的晶体冷却控温装置。采用中心波长为 811nm 附近的第一泵浦源 4-01、第二泵浦源 4-02,例如半导体激光器。第一泵浦源散热装置 5-01、第二泵浦源散热装置 5-02 是激光器配套设备。谐振腔 A 镜 7(输出镜),谐振腔 B 镜 8(高反镜)都采用平平镜,谐振腔 A 镜 7 上镀有基频光高反膜和倍频光高透膜,谐振腔 B 镜 8 上镀有基频光高反膜和倍频光高反膜。

[0050] 自倍频晶体 1 采用掺杂浓度为 8at. % 的 Nd:YCOB 晶体,该自倍频晶体 1 制作成 12×2×6mm³ 的板条状,在该自倍频晶体的上下表面分别键合第一衬底和第二衬底,第一晶体冷却控温装置 3-01 安装在第一衬底上、第二晶体冷却控温装置 3-02 安装在第二衬底

上,这是本专业技术人员可以实施的。其中,本实施例自倍频晶体的切割方向按如下方法确定:

[0051] 选择 I 类相位匹配方式,按图 3 给出的 Nd:YCOB 晶体的 1060nm 激光倍频产生 530nm 激光的 I 类相位匹配角,选择 Nd:YCOB 晶体的两个有效非线性系数较大的相位匹配方向 ($(\theta_1 = 67^\circ, \varphi_1 = 143.5^\circ)$ 和 $(\theta_2 = 145^\circ, \varphi_2 = 19.4^\circ)$),作为晶体中激光产生的方向。这两个相位匹配方向所确定的平面作为板条型自倍频晶体的前后侧面,垂直于这两个相位匹配方向的平分线的平面作为板条型自倍频晶体的上下表面。按这种方法将 Nd:YCOB 加工成 $12 \times 2 \times 6 \text{mm}^3$ 的板条状,其中 Nd:YCOB 自倍频晶体长度为 12mm,厚度为 2mm,宽度为 6mm。这两个相位匹配方向 ($\theta_1 = 67^\circ, \varphi_1 = 143.5^\circ$) 和 ($\theta_2 = 145^\circ, \varphi_2 = 19.4^\circ$) 的夹角由空间几何可求出,即 α 为 128° 。Nd:YCOB 晶体对于基频光 1060nm 的折射率约为 1.667,对于倍频光 530nm 的折射率约为 1.6863,为了使基频光和倍频光在 Nd:YCOB 自倍频晶体上下表面产生全反射而被限制在其中按选定的两个相位匹配方向 ($\theta_1 = 67^\circ, \varphi_1 = 143.5^\circ$) 和 ($\theta_2 = 145^\circ, \varphi_2 = 19.4^\circ$) 传播,需要在 Nd:YCOB 晶体上下表面分别键合或光胶一块折射率小于 1.505 的衬底材料。晶体端面斜角 x 按公式 $n \cdot \sin(\alpha/2-x) = \sin(90^\circ -x)$ 算出,为 34.3° 。见图 4。Nd:YCOB 晶体经上述方法制作成板条型自倍频晶体 1 后,左右两端面经光学抛光,并镀上对于倍频光和基频光具有高透射率的增透膜,之后放置在晶体冷却控温装置 3 中进行固定、散热和控温。

[0052] 本实施例中的第一泵浦源 4-01、第二泵浦源 4-02 是中心波长为 811nm 附近的半导体激光器,该泵浦源被分别放置在第一泵浦源散热装置 5-01、第二泵浦源散热装置 5-02 上进行固定和散热,泵浦源被固定的位置使得 811nm 泵光从晶体前后侧面有效耦合进入晶体内部被吸收,实现泵浦过程;这是本专业技术人员可以实施的。

[0053] 本实施例中的激光谐振腔为由谐振腔 A 镜 7、谐振腔 B 镜 8 组成的对光具有正反馈作用的激光谐振腔;激光谐振腔 A 镜和激光谐振腔 B 镜分别放置在所述板条状的自倍频晶体两头的端面 11 (即板条状的自倍频晶体长边的两端) 外侧,第一泵浦源 4-01 和第二泵浦源 4-02 分别对准该自倍频晶体的前后侧面 (长度 $L \times$ 厚度 H 的面),即采用侧面泵浦的方式,如图 2 所示,泵浦光有效耦合进入晶体内部被吸收,实现泵浦过程使得基频激光和倍频激光在晶体内部沿“之”字传播。倍频光在板条状的自倍频晶体的表面成线阵激光输出 10。谐振腔 A 镜 (输出镜) 7 为,谐振腔 B 镜 (高反镜) 8 可以是平凹镜、平平镜、平凸镜、石英晶片基质或者直接将其制作在板条型自倍频晶体端面上。将谐振腔 A 镜 (输出镜) 7 和谐振腔 B 镜 (高反镜) 8 分别安装在第一谐振腔镜 A 的固定装置 9-01 和第二谐振腔镜 B 的固定装置 9-02 上,这是本专业技术人员可以实施的。谐振腔 A 镜镀上对于基频光高反射率、对于倍频光高透射率的膜,谐振腔 B 镜镀上对于基频光高反射率、对于倍频光高反射率的膜。

[0054] 本实施例中,为了使基频光和倍频光在 Nd:YCOB 自倍频晶体上下表面产生全反射而被限制在晶体中沿“之”字型传播,也可以在晶体上下表面分别镀对于基频光和倍频光双高反膜。

[0055] 实施例 3

[0056] 本实施例制做一种基于 Nd:GdCOB 晶体的板条自倍频激光器。本实施例与实施例 2 类似,腔内激光在晶体内部沿“之”字型传播,实现线阵输出。与实施例 2 的结构不同之处主要为:

[0057] 一是,自倍频晶体材料采用掺杂浓度为 8at. % 的 Nd:GdCOB 晶体。

[0058] 二是,泵浦方式由实施例 2 中的前后侧面泵浦改为板条的两头端面泵浦,即第一泵浦源 4-01 和第二泵浦源 4-02 分别对准该自倍频晶体的两头的端面 11 作为激光泵浦入射面。

[0059] 三是,倍频光出射方向由实施例 2 中的沿左右端面方向出射改为在自倍频晶体上表面出射。这种输出方式的优点是,一方面可实现线阵输出,一方面,由于倍频光在晶体内传播的距离减少而使得自吸收损耗减少,提高了倍频光输出效率。

[0060] 四是,由于倍频光出射方向的改变,切割晶体时,只需使得“之”字型偏向上的方向满足相位匹配,为有效非线性系数最大方向。

[0061] 五是,为了使基频光在晶体中沿“之”字型传播形成谐振,并实现倍频光在晶体上表面成线阵出射,采用不在“自倍频晶体上下表面分别键合或光胶一块折射率小于 1.505 的其他晶体材料或衬底材料”,而是在 Nd:GdCOB 晶体上表面镀上对于基频光高反、倍频光高透的膜,下表面镀上对于基频光高反的膜。

[0062] 六是,仅在自倍频晶体下表面上安装第一晶体冷却控温装置 3-01,只对晶体单侧进行散热。

[0063] 本实施例的具体结构参考图 5。

[0064] 实施例 4

[0065] 本实施例制做一种基于 Yb:YAB 晶体的板条自倍频激光器。本实施例与实施例 3 类似,不同之处主要有三点:一是自倍频晶体材料改为掺杂浓度为 6at. % 的 Yb:YAB 晶体,晶体切割和制做方法与实施例 3 类似;二是泵浦源改为中心波长为 790nm 的光纤激光器;三是泵浦方式改为在板条晶体上下表面的靠近左右端面处进入,因此,在板条晶体的泵浦光进入处镀对于泵浦光的高透膜,左右端面镀上对于泵浦光的高反膜。

[0066] 本实施例的具体结构参考图 6。

[0067] 当然,本发明还可有其它多种实施例,在不背离本发明精神及其实质的情况下,熟悉本领域的技术人员当可根据本发明作出各种相应的改变和变型,但这些相应的改变和变型都应属于本发明所附的权利要求的保护范围。

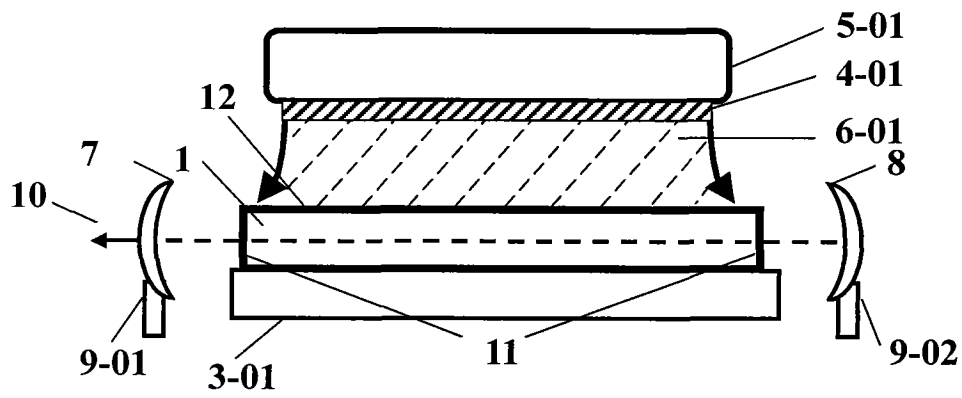


图 1

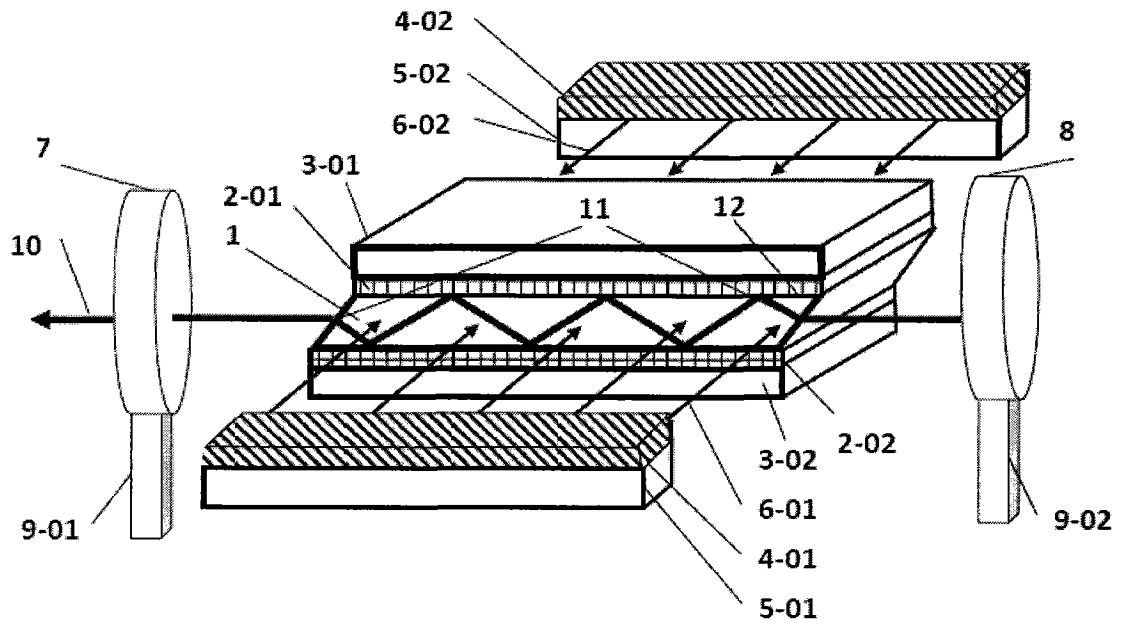


图 2

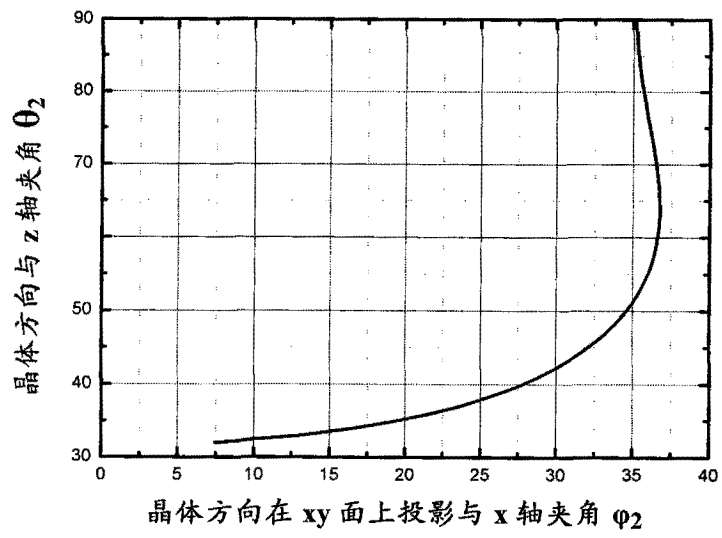


图 3

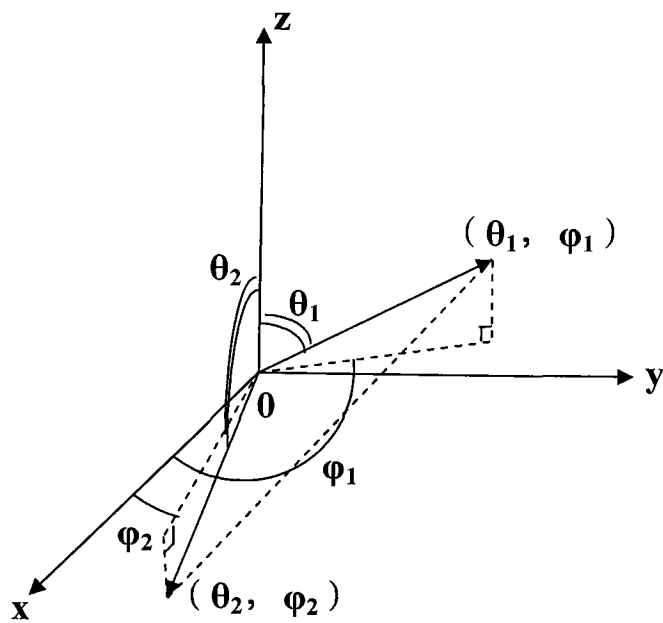


图 4

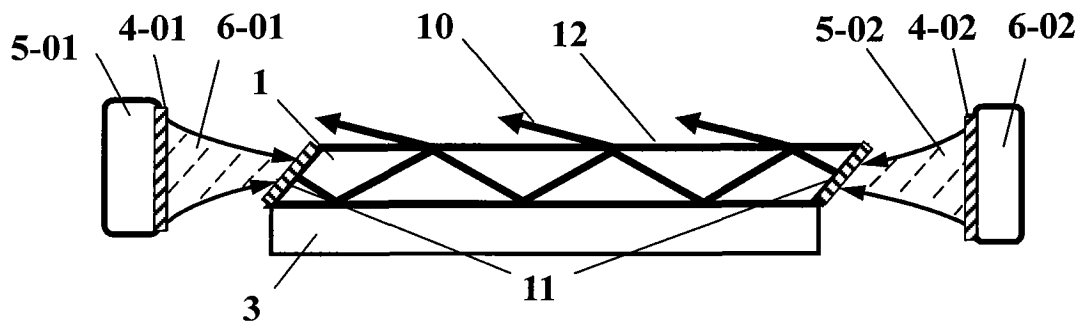


图 5

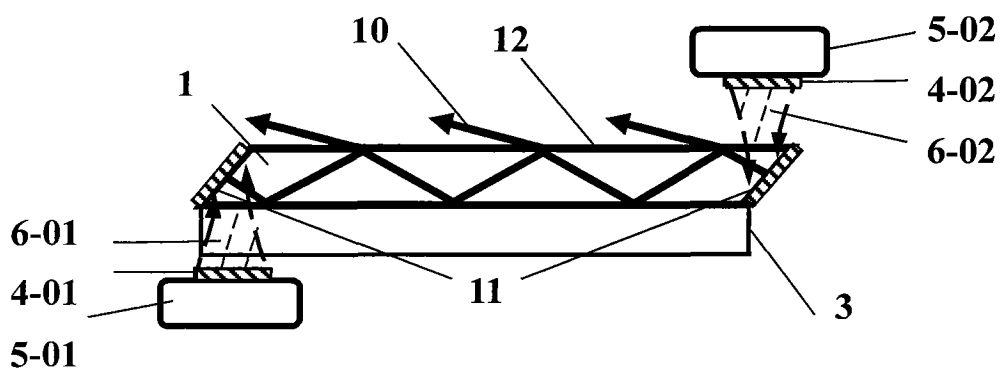


图 6