

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01S 3/0941 (2006.01)

H01S 3/05 (2006.01)



## [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410011043.6

[43] 公开日 2006 年 2 月 15 日

[11] 公开号 CN 1734865A

[22] 申请日 2004.8.13

[74] 专利代理机构 长春科宇专利代理有限责任公司

代理人 刘树清

[21] 申请号 200410011043.6

[71] 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130031 吉林省长春市东南湖大路 16 号

[72] 发明人 吕彦飞 檀慧明

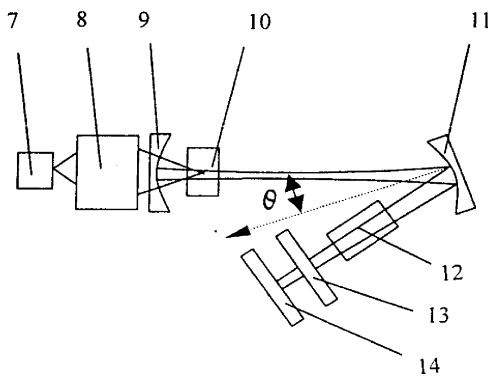
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 1 页

### [54] 发明名称

一种半导体激光泵浦折叠式复合腔和频激光器

### [57] 摘要

一种半导体激光泵浦折叠式复合腔和频激光器，属于激光技术领域中涉及的一种激光器。本发明要解决的技术问题是：提供一种半导体激光泵浦折叠式复合腔和频激光器。解决的技术方案是：在半导体激光泵浦光源的激光束传播方向上，从左至右依次放置光学耦合系统、反射腔镜、激光增益介质、输出耦合镜；从输出耦合镜引出的支臂光路从右至左依次放置输出耦合镜、和频晶体、前后两个反射腔镜。在该结构中有两个折叠式复合激光谐振腔，激光增益介质、输出耦合镜和频晶体都在两个激光谐振腔内，激光器工作时有两个基频光在振荡，通过合理设计腔长可使两个基频光通过和频晶体时激光光束交叠最佳，产生的和频激光由输出耦合镜输出到腔外。



1、一种半导体激光泵浦折叠式复合腔和频激光器，包括激光泵浦光源、光学耦合系统、反射腔镜、激光增益介质、和频晶体，其特征在于在激光泵浦光源(7)的激光束传播方向上，从左至右依次放置光学耦合系统(8)、反射腔镜(9)、激光增益介质(10)、输出耦合镜(11)，各元件之间的间距可作微调；输出耦合镜(11)的法线与反射腔镜(9)的法线之间的夹角为 $\theta$ 角，在输出耦合镜(11)的法线右侧，与法线之间的夹角成 $\theta$ 角的支臂光路上，从右至左依次放置输出耦合镜(11)、和频晶体(12)、反射腔镜(13)和(14)，各元件之间的间距可作微调；在该结构中反射腔镜(9)和反射腔镜(13)组成一个激光谐振腔，反射腔镜(9)和反射腔镜(14)组成另一个激光谐振腔，激光增益介质(10)至少有两条不同的激光跃迁谱线，对应的基频光波长分别为 $\lambda_1$ 和 $\lambda_2$ ，激光增益介质(10)的通光双面制备对波长 $\lambda_1$ 和 $\lambda_2$ 的增透膜系；反射腔镜(9)的凹面制备对波长 $\lambda_1$ 和 $\lambda_2$ 的高反射率膜系，同时双面制备对泵浦激光的增透膜系；输出耦合镜(11)的凹面制备对波长 $\lambda_1$ 和 $\lambda_2$ 的高反射率膜系，同时双面制备对和频激光 $\lambda_3$ 的增透膜系；和频晶体(12)的通光双面制备对 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 和 $\lambda_3$ 的增透膜系；反射腔镜(13)的右面制备对 $\lambda_1$ 的高反射率膜系，同时双面制备对波长 $\lambda_2$ 的增透膜系；反射腔镜(14)的右面制备对波长 $\lambda_2$ 的增透膜系； $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 要满足关系式 $1/\lambda_3=1/\lambda_2+1/\lambda_1$ 的要求，和频晶体(12)按波长 $\lambda_2$ 和 $\lambda_1$ 的和频相位匹配的方向切割，使波长 $\lambda_2$ 和 $\lambda_1$ 在和频晶体(12)中共线传播时满足相位匹配关系式 $n_3/\lambda_3=n_2/\lambda_2+n_1/\lambda_1$ ，其中 $n_3$ 、 $n_2$ 、 $n_1$ 分别为波长， $\lambda_3$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_1$ 在和频晶体(12)中传播的折射率。

## 一种半导体激光泵浦折叠式复合腔和频激光器

### 技术领域

本发明属于激光技术领域中，涉及的一种获得和频输出的新型谐振腔结构的半导体激光泵浦固体激光器。

### 技术背景

半导体激光器或半导体激光器陈列作为泵浦光源，从端面聚焦，近贴耦合或光纤耦合到激光增益介质内，可以与腔内激发的基频光模式实现很好的匹配。通过腔内倍频、和频、差频等非线性光学混频效应，获得其他波长的激光。半导体激光泵浦固体激光器与传统的灯泵浦激光器相比，具有高的转换效率和好的光束质量。目前半导体激光泵浦腔内混频激光器的主要应用是腔内倍频激光器，该技术已被广泛的应用于半导激光泵浦腔内倍频红、绿和蓝光激光器的产品中。

如果参与频率变换的两基频光具有不同的波长，选择确定角度切割的非线性晶体，置于腔内，可获得和频波长输出。

与本发明最为接近的已有技术，是美国专利 N0. 5、802、086 提出的单一直腔式谐振腔和频激光器，如图 1 所示，包括激光泵浦光源 1、光学耦合系统 2、反射腔镜 3、激光增益介质 4、和频晶体 5、输出耦合镜 6。

光学耦合系统 2 将激光泵浦光源 1 发出的泵浦光通过反射腔镜 3 耦合到激光增益介质 4 内，产生两个不同波长的激光跃迁谱线，成为两个不同波长的基频光，在反射腔镜 3 和输出耦合镜 6 所构成的激光谐振腔内振荡，两个不同波长的基频光通过置于腔内的和频晶体 5 时形成和频激光，由输出耦合

镜 6 输出腔外。

该和频激光器存在的主要问题是：同一激光增益介质所选取的两条激光跃迁谱线发射载面，一般相差很大，采用一个输出耦合镜不能控制在和频过程中两基频光的增益，和频效率低。

## 发明内容

为了克服已有技术存在的缺陷，本发明的目的在于能调节在和频过程中两基频光的增益，使其增益达到相等，使和频效率得到提高，特设计一种新型折叠式复合谐振腔结构的半导体激光泵浦腔内和频激光器。

本发明要解决的技术问题是：提供一种半导体激光泵浦折叠式复合腔和频激光器。解决技术问题的技术方案如图 2 所示，包括激光泵浦光源 7、光学耦合系统 8、反射腔镜 9、激光增益介质 10、输出耦合镜 11、和频晶体 12、反射腔镜 13 和 14。

在激光泵浦光源 7 的激光束传播方向上，从左至右依次放置光学耦合系统 8、反射腔镜 9、激光增益介质 10、输出耦合镜 11，各元件之间的间距可作微调；输出耦合镜 11 的法线与反射腔镜 9 的法线之间的夹角为  $\theta$  角，在输出耦合镜 11 的法线右侧，与法线之间的夹角成  $\theta$  角的支臂光路上，从右至左依次放置输出耦合镜 11、和频晶体 12、反射腔镜 13 和 14，各元件之间的间距可作微调；在该结构中，反射腔镜 9 和反射腔镜 13 组成一个激光谐振腔，反射腔镜 9 和反射腔镜 14 组成另一个激光谐振腔，激光增益介质 10、输出耦合镜 11、和频晶体 12 都在两个激光谐振腔内，产生的和频激光由输出耦合镜 11 输出到腔外。激光增益介质 10 至少有两条不同的激光跃迁谱线，对应的基频光波长分别为  $\lambda_1$  和  $\lambda_2$ ，激光增益介质 10 的通光双面制备对  $\lambda_1$

和  $\lambda_2$  的增透膜系；反射腔镜 9 的凹面制备对  $\lambda_1$  和  $\lambda_2$  的高反射率膜系，同时双面制备对泵浦激光的增透膜系；输出耦合镜 11 的凹面制备对  $\lambda_1$  和  $\lambda_2$  的高反射率膜系，同时双面制备对和频激光  $\lambda_3$  增透膜系；和频晶体 12 的通光双面制备对  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  和  $\lambda_3$  的增透膜系。反射腔镜 13 的右面制备对  $\lambda_1$  的高反射率膜系，同时双面制备对  $\lambda_2$  的增透膜系；反射腔镜 14 的右面制备对波长  $\lambda_2$  的高反膜系； $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$  要满足关系式  $1/\lambda_3=1/\lambda_2+1/\lambda_1$  的要求，和频晶体 12 按波长  $\lambda_2$  和  $\lambda_1$  的和频相位匹配的方向切割，使波长  $\lambda_2$  和  $\lambda_1$  在和频晶体 12 中共线传播时满足相位匹配关系式  $n_3/\lambda_3=n_2/\lambda_2+n_1/\lambda_1$ ，其中  $n_3$ 、 $n_2$ 、 $n_1$  分别为波长  $\lambda_3$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_1$  在和频晶体 12 中传播的折射率。

工作原理说明：激光泵浦光源 7 发出的泵浦激光被光学耦合系统 8 耦合到激光增益介质 10 内。当激光泵浦光源发出的泵浦激光功率超过激光谐振腔对波长  $\lambda_1$  和  $\lambda_2$  在谐振腔内振荡的阈值功率时，激光增益介质 10 内产生了两个不同波长为  $\lambda_1$  和  $\lambda_2$  的基频光，在反射腔镜 9 和 13 构成的谐振腔内，波长为  $\lambda_1$  的基频光产生振荡，在反射腔镜 9 和 14 构成的谐振腔内，波长为  $\lambda_2$  的基频光产生振荡， $\lambda_1$  和  $\lambda_2$  在激光增益介质 10 内放大，当两束基频光  $\lambda_1$  和  $\lambda_2$  通过和频晶体 12 时，产生了不同于波长  $\lambda_2$  和  $\lambda_1$  的和频激光  $\lambda_3$ ，一个方向传播的波长为  $\lambda_3$  的和频激光，由反射腔镜反射后再次通过和频晶体 12，与另一方向传播的波长为  $\lambda_3$  的和频激光组合后通过输出耦合镜 11 输出到腔外。

本发明的积极效果：本发明是在一个激光增益介质内产生两个以上波长的基频光，并在腔内经过非线性光学和频，获得了不同于倍频激光频率的新型激光光源，使其应用领域增加了新的波长选择；本发明与已有技术相比，

能够控制两基频光的增益，通过调节各自的腔长使两基频光的增益达到相等；由于在折叠腔内的两个臂上可分别有束腰，通过谐振腔参数的设计，可使其中一个束腰在激光增益介质所在的臂内，基模与入射的泵浦光模式匹配，获得最大的泵浦效率；另一个臂的束腰在和频晶体内，并可保持激光束的共焦长度与和频晶体长度匹配，激光功率密度不超过和频晶体及其表面光学薄膜损伤阈值的情况下，有效的减小基频光束腰，提高了基频光功率的密度，获得高的和频效率。该结构的另一个优点是：基频光双向通过和频晶体，产生的和频激光都可通过输出耦合镜单向输出，增加了和频激光的利用率。

### 附图说明

图 1 是已有技术的结构示意图，图 2 是本发明的结构示意图，摘要附图亦采用图 2。

### 具体实施方式

本发明按图 2 所示的结构实施，其中，激光泵浦光源 7 采用 808nm 波长的半导体激光器阵列，光学耦合系统 8 采用光芯为  $400\mu\text{m}$  的光纤，反射腔 9 采用 K9 光学玻璃，直径  $\phi 6\text{mm}$ ，曲率半径  $R=200\text{ mm}$ ，双面制备对 808nm 增透膜系，透过率  $>90\%$ ，凹面制备对波长 1342nm 和 1064nm 的高反射率膜系，其中对波长 1342nm 的反射率  $>99.9\%$ ，对波长 1064nm 的反射率  $>99.5\%$ ；激光增益介质 10 采用掺钕钒酸钇 (Nd. YVO<sub>4</sub>)，两端的通光面制备对波长 1342nm 和 1064nm 的增透膜系，透过率  $>99\%$ ；输出耦合镜 11 采用 K9 光学玻璃，直径  $\phi 6\text{mm}$ ，曲率半径  $R=50\text{ mm}$ ，双面制备对波长 593.5nm 的增透膜系，透过率  $>90\%$ ，凹面制备对波长 1342nm 和 1064nm 的高反膜系，其中对波长 1342nm 的反射率大于 99.9%，对波长 1064nm 的反射率大于 99.5%，和频晶体 12 采用

LBO 或 KTP，通光双面制备对波长 1342nm、1064nm 和 593.5nm 的增透膜系，透过率>99%，反射腔镜 13 采用 K9 光学玻璃，直径  $\phi$  6mm 的平面镜，右面制备对波长 1342nm 的高反射率膜系，反射率>99.9%，双面制备对波长 1064nm 的增透膜系，透过率>99.5%，反射腔镜 14 采用 K9 光学玻璃，直径  $\phi$  6mm 的平面镜，右面制备对波长 1064nm 的高反射率膜系，反射率>99.5%。

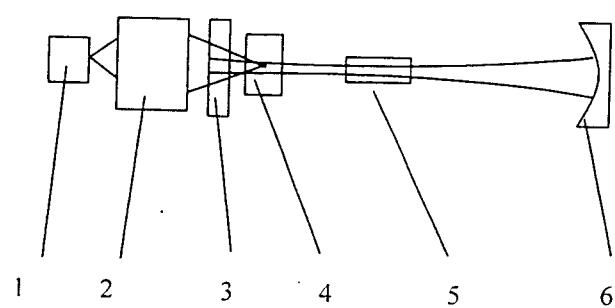


图 1

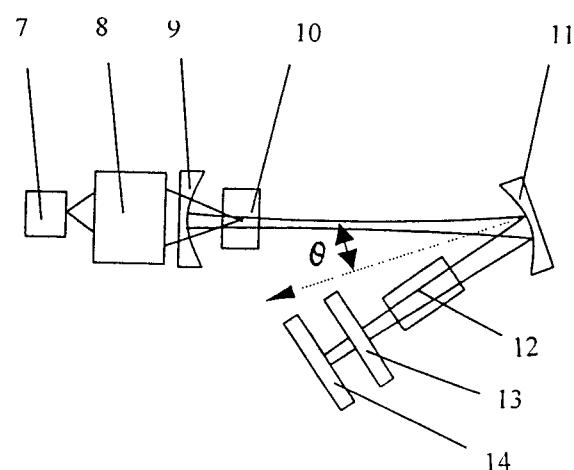


图 2