

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H01S 5/183

H01S 5/14

H01S 5/04



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510016969.9

[43] 公开日 2005 年 12 月 21 日

[11] 公开号 CN 1710763A

[22] 申请日 2005.7.14

[21] 申请号 200510016969.9

[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 路国光 单肖楠 何春风 秦丽
宴长岭

[74] 专利代理机构 长春科宇专利代理有限责任公司
代理人 马守忠

权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 1 页

[54] 发明名称 光泵浦高功率垂直外腔面发射激光器

[57] 摘要

本发明属于半导体激光技术领域，具体涉及光泵浦高功率垂直外腔面发射激光器，其构成包括：泵浦光源 1、外延片 2、热沉 3、外腔镜 4、倍频晶体 5；外延片 2 包括窗口层 6、保护层 7、有源区 8、多层布拉格反射镜 11、衬底 12；有源区 8 包括量子阱层 9、吸收层 10。特征在于量子阱层 9 中包含 2-3 个量子阱的光泵浦高功率垂直外腔面发射技术，从而提高了激光器的填充因子，降低阈值电流密度，提高外量子阱效率，因此提高了器件的输出功率。本发明得到一种线性极化的，圆形对称的，近于衍射极限的高功率激光输出。另外，本发明采取光泵的方式，工艺大大简化，减少了光刻，制作电极，镀膜等很多道程序，不但减少了成本，也大大提高了成品率。

知识产权出版社出版

ISSN 1008-4274

1、一种光泵浦高功率垂直外腔面发射激光器，包括：泵浦光源 1、外延片 2、热沉 3、外腔镜 4、倍频晶体 5；其中外延片 2 包括窗口层 6、保护层 7、有源区 8、多层布拉格反射镜 11、衬底 12；其中有源区 8 包括量子阱层 9、吸收层 10；其特征在于量子阱层 9 中的量子阱个数范围选择在 2-3 个。

2、根据权利要求 1 所述的光泵浦高功率垂直外腔面发射激光器，其特征在于：多层布拉格反射镜 11 采用多层铝、银、金或铂金属反射镜。

3、据权利要求 1 所述的光泵浦高功率垂直外腔面发射激光器，其特征在于：多层布拉格反射镜 11 采用光子晶体。

光泵浦高功率垂直外腔面发射激光器

技术领域：

本发明属于半导体激光器技术领域，涉及垂直外腔面发射激光器的结构设计。

背景技术：

垂直外腔面发射激光器属于面发射激光器中的一种，是半导体激光技术中的新型器件以其高功率、优质光束质量和易于二维列阵的特点在激光显示、激光通信、材料加工、医疗及国防工程等领域具有广泛的应用前景。特别是其易于倍频和二维平面列阵的特点，可以实现高光束质量的高功率激光输出，这些优点使其在工业加工、固体激光和光纤激光泵浦、晶体倍频等领域有着非常大的研发前景。

垂直外腔面发射激光器与固体激光器和边发射半导体激光器相比具有很大的优势。一，传统的固体激光器体积庞大、造价高、转换效率低；垂直外腔面发射激光器具有体积小、成本低、转换效率高等优势。而且半导体材料的带隙是可以调节的，它能获得固体激光器所没有的波长。这些将大大拓展它的应用领域。二，边发射半导体激光器发散角大，需要对输出光束进行整形，这套整形系统精度要求很高，目前我国还没有能力生产这套系统；垂直外腔面发射激光器具有极小的发散角、圆对称光斑、易于单纵模激射，不用经过复杂的整形系统就可以直接使用，大大降低成本。另外，高功率半导体激光器在光泵浦、医疗、材料处理、自由空间通信传输等领域的巨大应用市场使得高功率垂直腔面发射半导体激光器件的研究近年来也得到了重视和发展。三，对于小尺寸（ $<10\mu\text{m}$ ）的垂直腔面发射半导体激光器，虽然其输出光束是理想的单模圆形光束，但功率被限制在 10mW 左右。而对于功率大于 180mW 的器件，输出光束是多模。光泵浦垂直外腔面发射激光器在原则上解决了这些问题，它通过外腔镜调节光学谐振腔达到单模输出。此外，在垂直外腔面发射激光器系统中加入倍频晶体和可饱和吸收镜进行倍频和被

动锁模和调 Q，可以扩大输出波长的范围。输出功率可达到几百毫瓦，输出圆对称光束。垂直外腔面发射激光器作为新型的面发射激光器正在成长为一种有代表性的器件。因为它体积小、光束质量好、功率较大、易于倍频和锁膜，并且制作简单等优点，已经在显微分析、三元色显示等方面表现出良好的应用前景。

在以往的光泵浦垂直外腔面发射激光器中，其周期增益结构中有一个量子阱，因而填充因子很低，导致激光器阈值电流密度升高，外量子阱效率降低，激光器很难实现高功率输出 (S W. Corzine etc. "Design of Fabry-Perot Surface-Emitting Lasers with a periodic Gain Structure," *IEEE J. Quantum Electron.* vol.25, NO.6, pp.1513-1524, 1989)。因此要想获得更高功率的输出，需要增加周期结构中量子阱的个数，不过，并非周期结构中量子阱的个数越多越好，存在一个最理想的量子阱个数范围。

发明内容

为了解决上述技术中固体激光器体积大、造价高、转换效率低；半导体激光器光束质量一般较差，整形系统复杂且难于制作；特别是以往的光泵浦垂直外腔面发射激光器很难实现高功率激光输出的问题，本发明的目的是得到一种线性极化的，圆形对称的，近于衍射极限的高功率激光输出，本发明的一个重要特征在于提供一种周期增益结构中包含 2-3 个量子阱的光泵浦高功率垂直外腔面发射激光器，而且在该激光器外腔中加入倍频晶体和可饱和吸收镜进行倍频和被动锁模和调 Q，可以扩大输出波长的范围。

为了实现上述目的，本发明提供的一种光泵浦高功率垂直外腔面发射激光器包括：泵浦光源 1、外延片 2、热沉 3、外腔镜 4、倍频晶体 5；其中外延片 2 包括窗口层 6、保护层 7、有源区 8、多层布拉格反射镜 11、衬底 12；其中有源区 8 包括量子阱层 9、吸收层 10；保护层 7 上端面与窗口层 6 下端面固定连接，保护层 7 下端面与有源区 8 的量子阱层 9 固定连接，吸收层 10 上端与量子阱层 9 紧密接触，有源区 8 的吸收层 10 与多层布拉格反射镜 11 的上端面固定连接，多层布拉格反射镜 11 的下端面与衬底 12 的上端面固定连接，外延片 2 下端与热沉 3 的上端面固定连接，外腔镜 4 与外延片 2 相隔 20-50 mm，外腔镜 4 上下两端固定在光学微调架上；其特征在于量子

阱层 9 中的量子阱个数范围选择在 2-3 个。

量子阱层 9 中的量子阱个数可选则的范围选择在 1-3 个。本发明采用 2-3 个量子阱为周期结构中量子阱个数的理想范围。因为当量子阱个数为 4 个或 4 个以上时，同周期结构中包含 2-3 个量子阱的激光器相比，激光器的阈值电流密度高，输出功率低；以往技术采用周期结构中包含一个量子阱的光泵浦垂直外腔面发射技术，主要是为了通过增加有源区中吸收层的几何厚度，提高吸收系数，因此提高了有源区对泵浦光的吸收。在以往技术中，由于单个量子阱层很薄，通常忽略了量子阱对泵浦光的吸收。实际上，本发明注意到由于量子阱的带隙能量要小于吸收层的带隙能量，相同厚度的量子阱层对泵浦光的吸收要强于吸收层，因此当周期结构中采用 2-3 个量子阱时，考虑到量子阱对泵浦光的吸收，这不仅是增加量子阱的个数，而是通过增加量子阱的个数来增加量子阱层的厚度，这样做虽然减少了吸收层的厚度，但却通过增加量子阱层的厚度进一步提高了吸收系数，因此提高了有源区对泵浦光的吸收；并且，激光器的周期增益结构中包含 2-3 个量子阱，提高了激光器的填充因子，降低了阈值电流密度，提高了外量子阱效率，因此提高了器件的输出功率。因此，它成为本发明的重要发明点。

多层布拉格反射镜 11 可采用多层铝、银、金或铂金属反射镜，以往技术采用多层介质膜反射镜，虽然该反射镜反射率很高，但其散热较差，因此在制作激光器的过程中需要采用其它多种方法来解决激光器的散热问题，使激光器的后续制作工艺过于复杂；并且对于长波长激光器，多层介质膜反射镜的制作非常困难；多层布拉格反射镜采用多层铝、银、金或铂金属反射镜，制作简单，特别是散热好，因此使后续工艺简单化。

多层布拉格反射镜 11 采用光子晶体，光子晶体是在高折射率材料的某些位置周期性的出现低折射率的材料；已有技术采用多层介质膜反射镜，不能对激光器的出射光场的横向模式进行限制，因此需要通过外腔镜调节光学谐振腔达到单模输出，多层布拉格反射镜采用光子晶体避免了激光器多膜运转，而使激光器的调制性能更好；并且，多层布拉格反射镜采用光子晶体能增加激光的出射面积从而提高激光器的输出功率。

本发明的激光器工作时：器件以光泵浦方式工作。泵光被有源区吸收，

产生光生载流子，落入量子阱层，进行载流子复合，发射出另一波长的光，波长由量子阱层带隙差决定。窗口层厚度一般为几百纳米，目的是防止垒区产生的载流子扩散到材料表面。

本发明的优点：与已有技术中的固体激光器和半导体激光器相比，本发明采用成熟的大功率半导体激光器做泵光源，泵浦垂直外腔面发射激光器的外延片，再通过类似于固体激光器的外腔镜进行选模输出，兼顾了两类激光器的优点。输出功率可达到几瓦，输出光束为近衍射极限的圆光斑。当在外延片和外腔镜之间加入倍频晶体或可饱和吸收镜进行倍频或被动锁模和调Q，可以扩大输出波长的范围，得到短波长如蓝绿光输出或脉宽为纳秒或皮秒的脉冲输出。另外，本发明的激光器采取光泵的方式，工艺大大简化，减少了光刻，制作电极，镀膜等很多道程序，不但减少了成本，也大大提高了成品率。本发明激光器的周期增益结构中包含 2-3 个量子阱，提高了激光器的填充因子，降低了阈值电流密度，提高了外量子阱效率，因此提高了器件的输出功率。

附图说明：

图 1 是本发明中垂直外腔面发射激光器结构示意图。

图 2 是本发明中垂直外腔面发射激光器的外延片的结构示意图。

具体实施方式：

下面结合附图和实施例对本发明进一步说明，但本发明不限于这些实施例。

实施例 1：

如图 1 和图 2 所示，一种光泵浦高功率垂直外腔面发射激光器包括：泵浦光源 1、外延片 2、热沉 3、外腔镜 4、倍频晶体 5；对于激光波长为 980nm 的输出光，泵浦光源 1 是 800-810 nm 大功率光纤耦合模块。外延片 2 由半导体材料组成，外延片 2 包括：窗口层 6、保护层 7、有源区 8、多层布拉格反射镜 11 和衬底 12；窗口层 6 为 AlAs 或 Si_3N_4 或 HfO_2 或 SiN_xO_y 。保护层 7 为 GaAs。有源区 8 由量子阱层 9 和吸收层 10 组成；有源区 8 选择不同的材料体系可以得到波长 425nm-1800nm 的激光输出。量子阱层 9 包含 2-3 个量子阱，可以重复 9-21 个周期，对于 980nm 波段，可由 InGaAs 材料制成。

吸收层 10 由 AlGaAs 材料制成。多层布拉格反射镜 11 由 20-30 对 AlGaAs/GaAs 材料交替制成。衬底 12 由 GaAs 材料制成。热沉 3 由金刚石和、或紫铜和、或碳化硅和、或无氧铜材料制成，外腔镜 4 由光学玻璃或石英晶体材料制成，直径 5-15 cm，曲率半径 25-100 mm，对 980 nm 光反射率在 95%-98%。倍频晶体 5 为 LiB_3O_5 (LBO) 或 $\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$ (BBO) 晶体材料组成。

外腔镜 4 和多层布拉格反射镜 11 之间形成了光学谐振腔，腔长为 20-50mm，在腔内放入倍频晶体可以得到功率 100mW 以上波长为 212nm-900nm 的激光输出。

实施例 2: 将实施例 1 中泵浦光源换成 975-1250nm 高功率半导体激光器，窗口层 6 换成 InP，有源区 8 换成 InGaAsP/InP 材料，多层布拉格反射镜 11 换成 InP/InGaAsP，衬底 12 换成 InP，外腔镜 4 对 1550nm 光高反射可获得 1550nm 激光输出的垂直外腔面发射激光器。

实施例 3: 将实施例 1、2 中的多层布拉格反射镜 11 换成多层铝、银、金或铂金属材料，其余部件和结构如上所述，可实现 980nm 或 1550nm 的激光输出。

实施例 4: 将实施例 1、2 中的多层布拉格反射镜 12 换成光子晶体，其余部件和结构如上所述，可实现 980nm 或 1550nm 的激光输出。

实施例 5: 在实施例 1 中的外延片 2 和外腔镜 4 之间放入倍频晶体 5，倍频晶体可选用 LiB_3O_5 (LBO) 或 $\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$ (BBO) 等非线性晶体材料，可得到波长 488nm 的蓝光输出。

实施例 6: 在实施例 1 中的外延片 2 和外腔镜 4 之间放入半导体可饱和吸收体 (SESAM)，进行被动锁模，能够获得纳秒级的脉宽。

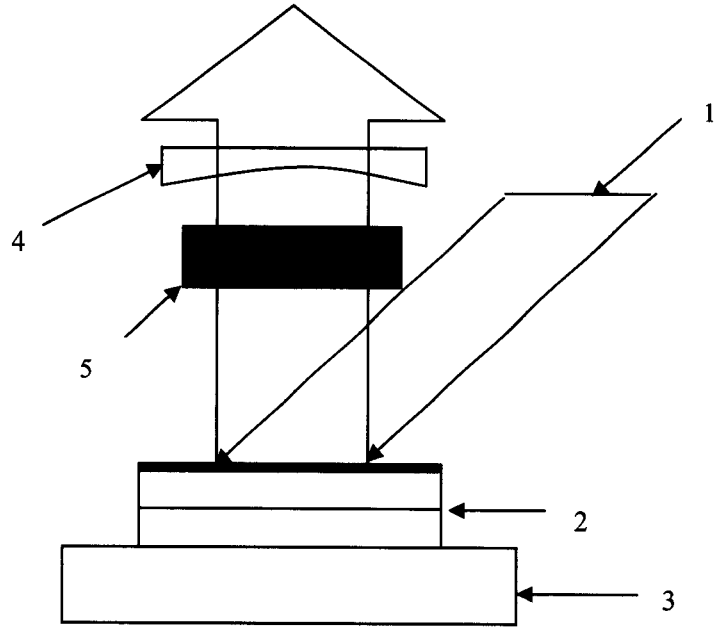


图 1

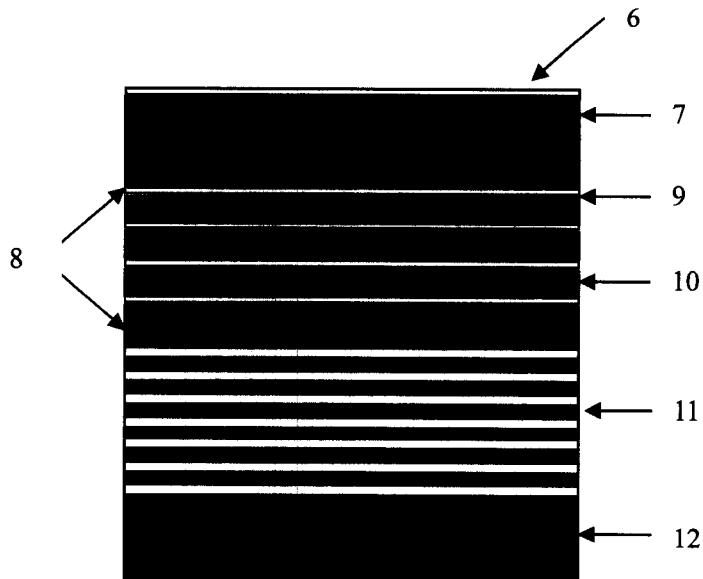


图 2