

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01S 5/183 (2006.01)

H01S 5/02 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910066765.4

[43] 公开日 2009年8月19日

[11] 公开号 CN 101510667A

[22] 申请日 2009.4.7

[21] 申请号 200910066765.4

[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 130033 吉林省长春市东南湖大路16号

[72] 发明人 张岩 宁永强 秦莉 刘云
王立军 李特

[74] 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所
代理人 南小平

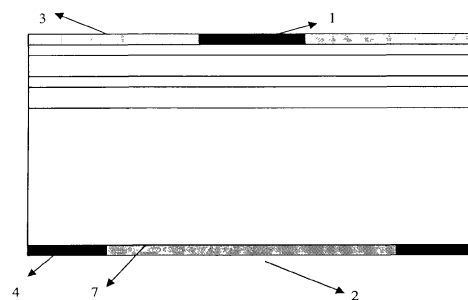
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

[54] 发明名称

大孔径衬底出光垂直腔面发射半导体激光器

[57] 摘要

本发明公开了一种大孔径衬底出光垂直腔面发射半导体激光器，包括接触层、上反射镜、激活区、下反射镜、衬底，上反射镜位于接触层下面，激活区位于上反射镜与下反射镜之间，下反射镜位于衬底上面，其特征在于，该激光器还包括小孔径电极(1)、大孔径出光窗口(2)、绝缘薄膜(3)和衬底电极(4)，小孔径电极(1)位于激光器外延片的外延面上，绝缘薄膜(3)围绕小孔径电极(1)并与之相连，大孔径出光窗口(2)位于衬底下部中心处，衬底电极(4)围绕大孔径出光窗口(2)并与之相连。本发明的有益效果是：器件制作过程简单，在实现增大垂直腔面发射半导体激光器出光孔径的同时，保证了注入电流强度的均匀分布。



1、大孔径衬底出光垂直腔面发射半导体激光器，包括接触层、上反射镜、激活区、下反射镜、衬底，上反射镜位于接触层下面，激活区位于上反射镜与下反射镜之间，下反射镜位于衬底上面，其特征在于，该激光器还包括小孔径电极（1）、大孔径出光窗口（2）、绝缘薄膜（3）和衬底电极（4），小孔径电极（1）位于激光器外延片的外延面上，绝缘薄膜（3）围绕小孔径电极（1）并与之相连，大孔径出光窗口（2）位于衬底下部中心处，衬底电极（4）围绕大孔径出光窗口（2）并与之相连。

2、如权利要求1所述的大孔径衬底出光垂直腔面发射半导体激光器，其特征在于，在所述的大孔径出光窗口（2）上制作集成微透镜（6）或/和镀制增透膜（7）。

3、如权利要求1所述的大孔径衬底出光垂直腔面发射半导体激光器，其特征在于，所述的激活区采用超晶格、量子阱或量子点结构。

4、如权利要求1所述的大孔径衬底出光垂直腔面发射半导体激光器，其特征在于，所述激光器的激光波长，包括可见光至中红外波段。

5、如权利要求1所述的大孔径衬底出光垂直腔面发射半导体激光器，其特征在于，所述激光器的激光材料为镓化镓或镓化砷或磷化镓或锡化镓或镓砷砷或镓铝砷或镓钙磷或镓镓氮或镓镓砷氮或镓镓砷氮锡或铝镓砷或铝镓砷磷或砷化镓或锡化铝或氮化镓。

6、如权利要求1所述的大孔径衬底出光垂直腔面发射半导体激光器，其特征在于，所述的上反射镜和下反射镜均是通过 MOCVD 和 MBE 之一生长的具有高低折射率的两种材料的多层膜型反射镜。

7、如权利要求1所述的大孔径衬底出光垂直腔面发射半导体激光器，其特征在于，所述的接触层是高掺杂的 GaAs。

大孔径衬底出光垂直腔面发射半导体激光器

技术领域

本发明涉及半导体激光器件技术领域，尤其涉及一种大孔径衬底出光垂直腔面发射半导体激光器。

背景技术

衬底出光的垂直腔面发射半导体激光器，由于可以对有源区等进行更有效的散热而更加适用于制作大功率器件。在制作垂直腔面发射半导体激光器的过程中，首先刻蚀环形沟槽形成台面，刻蚀深度至布拉格反射镜中高铝层处，经过湿法氧化，高铝层临近沟槽两侧部分形成氧化物限制区，中间未氧化的部分成为出光区并同时作为垂直腔面发射半导体激光器的电流注入区。为了获得高的功率输出，通常把出光孔径做到几百微米，大孔径的出光窗口造成了出光孔内各点电流密度不同，特别是靠近氧化限制区的边缘，出现较强的电流聚集效应，造成出光孔内发光不均匀，最终表现为出光孔外侧光强大，出光孔靠近圆心处光强小或不发光，形成较大的远场发散角，限制了远场的功率密度，同时出光孔内的局部过热会影响激光器的寿命。此外，通常将高铝组分的氧化限制层放置在紧邻有源区的上方，湿法氧化后，高铝层会产生应变，会对有源区造成一定影响。由此可见，氧化限制结构会引起注入电流不均匀而不适合制作大孔径垂直腔面发射半导体激光器。

发明内容

本发明的目的是提供一种大孔径衬底出光垂直腔面发射半导体激光器，其制作过程简单，在实现增大垂直腔面发射半导体激光器出光孔径的同时，保证了注入电流强度的均匀分布。

为了达到上述目的，本发明的技术方案如下：

大孔径衬底出光垂直腔面发射半导体激光器，包括接触层、上反射镜、激活区、下反射镜、小孔径电极、大孔径出光窗口、绝缘薄膜、衬底电极和衬底，上反射镜位于接触层下面，激活区位于上反射镜与下反射镜之间，下反射镜位于衬底上面，小孔径电极位于激光器外延片的外延面上，绝缘薄膜围绕小孔径电极并与之相连，大孔径出光窗口位于衬底下部中心处，衬底电极围绕大孔径出光窗口并与之相连。

上述的激活区可以采用超晶格、量子阱或量子点结构；激光器的激光波长，

包括可见光至中红外波段；激光器的激光材料包括铟化镓、铟化砷、磷化铟、锡化铟、铟镓砷、铟铝砷、铟钙磷、铟镓氮、铟镓砷氮、铟镓砷氮锡、铝镓砷、铝镓铟磷、砷化镓、锡化铝、氮化镓；所述的上反射镜和下反射镜均是通过MOCVD（金属有机化学气相沉积）和MBE（分子束外延）之一生长的具有高低折射率的两种材料的多层膜型反射镜；所述的接触层是高掺杂GaAs。

本发明是在垂直腔面发射半导体激光器外延片的外延面制作小孔径电极，在电极区域外围制作高阻结构，将外延片减薄抛光后，经双面对准工艺，在衬底面制作所需要的大孔径出光窗口。外延片的结构可以是通常的垂直腔面发射半导体激光器外延结构，也可以是不含高铝组分氧化限制层的垂直腔面发射半导体激光器外延结构。在电极区域外围制作的高阻结构可以是生长绝缘薄膜，也可以是生长绝缘薄膜与质子轰击相结合，绝缘薄膜形成的高阻区域与质子轰击形成的高阻区域可以不相同。衬底面的大孔径出光窗口可以是集成微透镜或/和镀制增透膜。

本发明的有益效果是：简化垂直腔面发射半导体激光器的外延结构，降低外延片制作成本；整个工艺工程为平面工艺，不需刻蚀，减少了工艺步骤；同时不需侧氧化工艺，减少对有源区的影响，降低制作费用。

附图说明

图1为本发明大孔径衬底出光垂直腔面发射半导体激光器的结构示意图。

图2为本发明生长绝缘薄膜与质子轰击相结合的大孔径衬底出光垂直腔面发射半导体激光器的结构示意图。

图中：1、小孔径电极，2、大孔径出光窗口，3、绝缘薄膜，4、衬底电极，5、质子轰击高阻区域，6、集成微透镜，7、增透膜。

具体实施方式

下面结合附图对本发明做进一步详细地描述：

本发明是在激光器外延面制作比出光孔径小的电极结构，具体尺寸通过电流扩散模型计算获得，所述电流扩散模型的计算方法引自公开文献“《数学物理方程》2001年8月第一版，科学出版社”，其中，计算电流密度分布采用泊松方程 $\nabla \cdot (\sigma \cdot \nabla \cdot U) = 0$ ，根据接触层、上反射镜、激活区、下反射镜的组分、掺杂等采用实验方法或者根据半导体物理知识计算确定矢量 σ 的值，然后采

用有限元方法计算电流密度分布。具体算法是：在恒定电流下，电流的连续性方程为 $\nabla \cdot J = 0$ ，其中电流密度 J 由欧姆定律决定 $J = \sigma E$ ， $E = -\nabla \cdot U$ ，综合以上公式可得出计算电流密度分布的泊松方程， $\nabla \cdot (\sigma \cdot \nabla \cdot U) = 0$ ，其中 σ 为电导率， U 为电势。

选用柱坐标，并假定坐标原点在垂直腔面发射半导体激光器的小孔径电极中心， z 方向垂直于出光窗口并指向衬底，电流从小孔径电极流向衬底电极。采用此种坐标后，电导率 σ 可以用矢量模型定义为

$$\sigma = \begin{pmatrix} \sigma_r & 0 \\ 0 & \sigma_z \end{pmatrix},$$

这里 σ_z 和 σ_r 分别表示柱坐标系中轴向和径向的电导率。可以假定接触层、上反射镜、激活区、下反射镜中各外延薄层均具有均一的轴向电导率 σ_z 和径向电导率 σ_r ，则电导率由下式给出，

$$\sigma_z = \frac{1}{\rho} = \frac{J_c d_{reg}}{V}, \quad \sigma_r = \frac{1}{\rho_r} = \frac{\left(\frac{d_1}{\rho_1} + \frac{d_2}{\rho_2} + \frac{d_3}{\rho_3} + \dots + \frac{d_n}{\rho_n} \right)}{(d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n)}, \quad n = 1, 2, 3, \dots, n+1,$$

这里 J_c 是流过薄层的电流密度， d_{reg} 和 d_n 分别表示接触层、上反射镜、激活区、下反射镜区域的厚度和第 n 层的厚度。具体的电导率数值可以根据接触层、上反射镜、激活区、下反射镜的组分、掺杂等采用实验方法或者根据半导体物理知识计算得出。

计算方法采用有限元方法，设小电极的电压设为 U_0 ，计算中使用的边界条件如下， $U(r < r_a, z = 0) = U_0$ ， r_a 为小电极的半径， $U(r, z = d_{all}) = U_{bot}(r) = 0$ ， d_{all} 为器件的整体厚度。

最后由 $J_A(r) = \sigma_z \cdot \nabla U(r)$ 得出有源区中的电流密度分布。

本发明依靠电流自身的扩展效应，使得注入到有源区区域的电流与出光窗口的尺寸相近，且电流分布成呈现近高斯型，这样，就可以在保留原有大出光孔的同时，消除已知技术存在的注入电流在氧化限制区的边缘出现较强的电流聚集现象，防止出现圆环形光斑，由近高斯型的电流分布可以得到近高斯型的远场光场分布，得到更高远场功率密度。

实施例一

本发明大孔径衬底出光垂直腔面发射半导体激光器的示意图如图 1 所

示。根据电流扩散模型计算结果，首先在垂直腔面发射半导体激光器外延片的外延面制作圆形小孔径电极 1，然后采用剥离工艺，在圆形电极区域外围生长绝缘薄膜 3；将垂直腔面发射半导体激光器外延片减薄到设计的厚度后进行抛光；采用双面对准工艺，在垂直腔面发射半导体激光器外延片的衬底面光刻与外延面圆形电极 1 同心的所需要的大孔径出光窗口 2；再次采用剥离工艺，在出光窗口 2 处制作增透膜 7，并在其外围制作衬底电极 4。器件制作工艺简单，成本低。

实施例二

生长绝缘薄膜 3 与质子轰击相结合的大孔径衬底出光垂直腔面发射半导体激光器的示意图 2 所示。根据电流扩散模型计算结果，首先在垂直腔面发射半导体激光器外延片的外延面制作圆形小孔径电极 1；在圆形电极 1 外侧根据模型计算出的区域，进行质子轰击，形成高阻区域 5，从而在大电流时更好地对电流分布进行限制；然后采用剥离工艺，在圆形电极 1 区域外围生长绝缘薄膜 3；将垂直腔面发射半导体激光器外延片减薄到设计的厚度后进行抛光，采用双面对准工艺，在垂直腔面发射半导体激光器外延片的衬底面光刻与外延面圆形电极 1 同心的所需要的大孔径出光窗口 2，在光刻胶的保护下，采用湿法腐蚀等方法在大口径出光窗口位置制作集成微透镜 6。采用剥离工艺，在出光窗口 2 外围制作衬底电极 4。

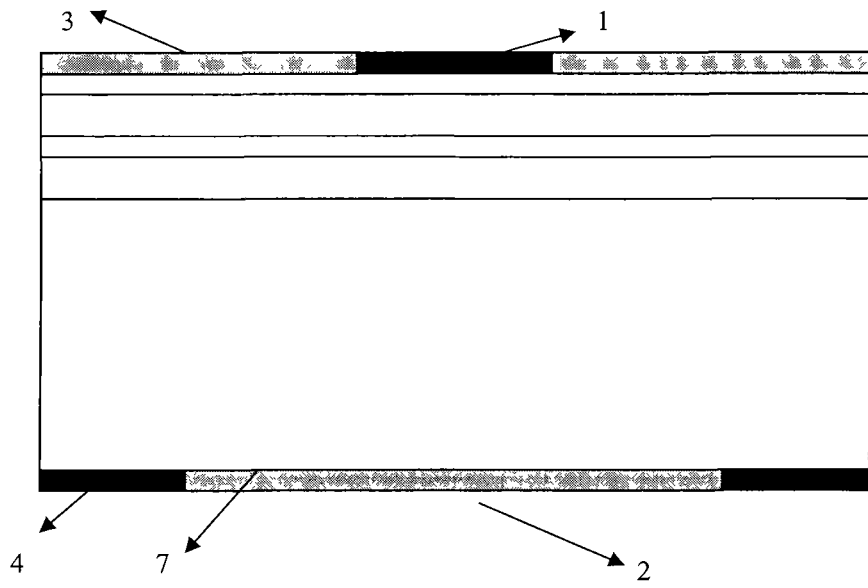


图 1

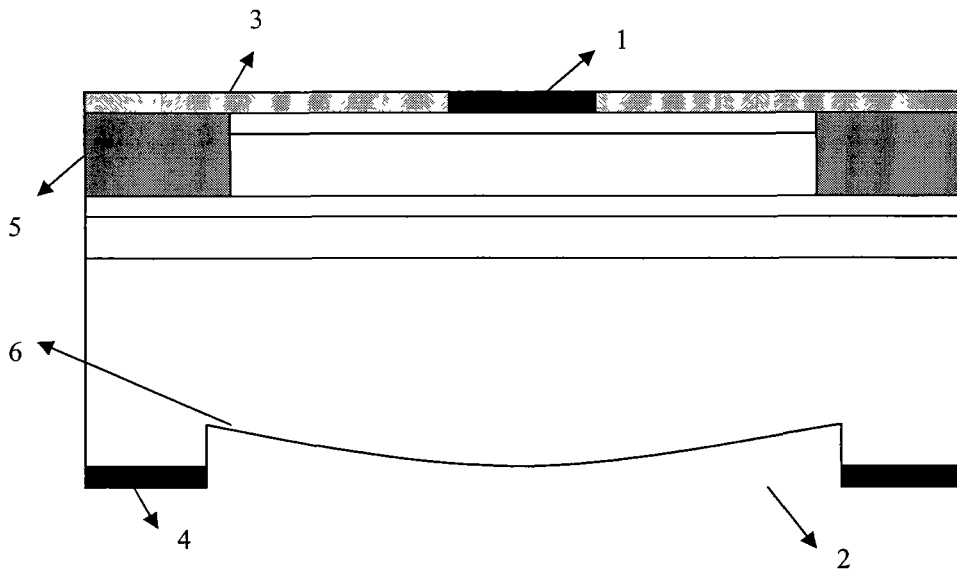


图 2