



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410011066.7

[43] 公开日 2005 年 11 月 16 日

[11] 公开号 CN 1697272A

[22] 申请日 2004.8.27

[21] 申请号 200410011066.7

[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 宁永强 晏长岭 秦 莉 孙艳芳
王 青

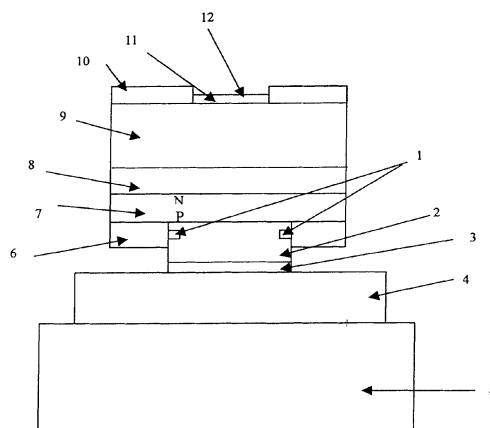
[74] 专利代理机构 长春科宇专利代理有限责任公司
代理人 梁爱荣

权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 3 页

[54] 发明名称 一种带有出光窗口的高功率垂直腔面发射激光器

[57] 摘要

本发明涉及垂直腔面发射激光器包括：高铝组分氧化物限制层 1、上分布布拉格反射镜 2、上金属电极 3、散热片 4、热沉 5、钝化膜 6、中间有源增益区 7、下分布布拉格反射镜 8、衬底 9、下金属电极 10、出光窗口 11、抗反射膜 12 和台面结构 13。本发明采用大出光窗口垂直腔面发射激光器、 HfO_2 抗反射膜及 Al_2O_3 钝化膜提高输出功率。出光窗口小于台面直径的设计方案，能实现较均匀的注入电流分布，使器件有圆形均匀发光区，可获得圆对称光束。实验测量：出光窗口直径为 400 微米和 700 微米时，其光输出功率分别为 1.26 瓦和 1.95 瓦；本发明的光输出功率是背景技术中光输出功率的 2.1 倍。本发明的抗反射膜的透过率达 99.99%，性能稳定，可用于 III-V 族半导体材料制成的光电器件中。



1、一种带有出光窗口的高功率垂直腔面发射激光器，包括：高铝组分氧化物限制层（1）、上分布布拉格反射镜（2）、上金属电极（3）、散热片（4）、热沉（5）、下分布布拉格反射镜（8）、衬底（9）、下金属电极（10）和台面结构（13），其特征在于：钝化膜（6）、中间有源增益区（7）、出光窗口（11）、抗反射膜（12），出光窗口（11）的下端面与衬底（9）的上端面固定连接，抗反射膜（12）的下端面与出光窗口（11）的上端面固定连接，有源增益区（7）的 p 面与上分布布拉格反射镜（2）和钝化膜（6）的上端面固定连接，有源增益区（7）的 n 面与下分布布拉格反射镜（8）的下端面固定连接，高铝组分氧化物限制层（1）和上分布布拉格反射镜（2）的侧面与钝化膜（6）的侧面连接。

2、根据权利要求 1 所述的带有出光窗口的垂直腔面发射激光器，其特征在于：出光窗口（11）直径范围选择在 400 微米到 800 微米。

3、根据权利要求 2 所述的带有出光窗口的垂直腔面发射激光器，其特征在于：出光窗口（11）直径小于台面结构（13）直径。

4、根据权利要求 1 所述的带有出光窗口的垂直腔面发射激光器，其特征在于：钝化膜（6）采用 Al_2O_3 材料制成。

5、根据权利要求 1 所述的带有出光窗口的垂直腔面发射激光器，其特征在于：抗反射膜（12）采用 HfO_2 材料制成，抗反射膜（12）选择的有效折射率为 $n_{\text{eff}} = \sqrt{n_0 n_1}$ ，其中 HfO_2 材料选择的有效折射率为 1.85-1.90。

一种带有出光窗口的高功率垂直腔面发射激光器

技术领域:

本发明属于半导体激光器领域,涉及垂直腔面发射激光器的结构设计。

背景技术:

垂直腔面发射半导体激光器是当前光电子领域最活跃的研究课题之一,与边发射半导体激光器相比,垂直腔面发射激光器件具有较小的远场发散角、圆形光斑、易于单纵模激射,以及易于二维光集成等优势,因此在光通讯、光互连以及光集成等方面有着广泛的应用前景,引起了人们的极大兴趣。小尺寸(≤ 20 微米)、低光功率($\leq 10\text{mW}$)的器件在光互连光并行传输等领域已经得到了广泛的应用。与此同时,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。与边发射半导体激光器相比,为了实现高功率光输出,垂直腔面发射激光器件的总发光面积应相应的增大。为了增大器件的出光面积,一方面,可以利用面发射器件易于二维列阵的优势;另一方面,可以增大单个器件的出光窗口来获得较大的总的光功率输出。在面发射器件的制备工艺方面,氧化限制工艺将 AlAs 氧化成化学性质稳定的 Al_xO_y 层,并由此层作为 GaAs/AlGaAs 和 InGaAs/GaAs 系列面发射半导体激光器件结构的电流限制层和比较弱的光限制层,实验结果表明,此器件结构已经实现了有效的电流限制和光限制,是实现垂直腔面发射半导体激光器优异性能的保证。以分子束外延、金属有机化学气相沉积等尖端半导体器件多层结构外延生长

技术的不断完善和发展进一步推动了各种垂直腔面发射半导体激光器的发展，也为高功率垂直腔面发射半导体激光器的发展打下了良好的理论和实验基础。高功率垂直腔面发射激光器的报道还很少。目前仅有的报道主要在德国 Ulm 大学。2001 年该大学实现了单管连续 890mW 的光输出。器件采用了直径为 320 微米的出光窗口和衬底出光的方式。器件的输出光功率还未达到瓦级以上，要想获得更高的光功率输出，器件的结构需进行进一步的优化设计，并采用更大直径的出光窗口。不过，并非垂直腔面发射激光器的出光窗口越大越好，存在一个最理想的出光窗口直径范围。与此同时，器件还需具有好的圆对称光束质量。

以往在为垂直腔面发射激光器的出光窗口制作抗反射膜时，一般采用 SiO_2 、 Al_2O_3 材料或 SiO_2/Si 多层膜结构，不过，由于 SiO_2 、 Al_2O_3 材料或 SiO_2/Si 材料的稀疏不致密性，以及与 III—V 族半导体材料如 GaAs, InP 系的粘附性差等特点，制作的抗反射膜稳性差，保护性差，同时由于 SiO_2 材料或 SiO_2/Si 材料的折射率是 1.46-1.50，与 III—V 族半导体材料所要求的抗反射膜材料的折射率的范围 1.8-1.9 相差很大，而且 SiO_2 的导热性也不是很好，同时与 III—V 族半导体材料的粘附性也不是很好。因此需要一种更理想的抗反射膜，特别是应用在高功率垂直腔面发射激光器中的出光窗口中。同时还需具有很好的抗激光损伤的能力。

本发明的详细内容：

背景技术中垂直腔面发射激光器输出光功率低，抗反射膜存在粘附性差，抗反射膜稳性差，保护性差、有效折射率与 III—V 族半导体材料不匹配的问题，为了解决上述的问题，本发明的目的是提高输出光功率，实现器件瓦级以上、圆对称光束质量的光输出，抗反射膜粘附性好、稳性高、

保护好、有效折射率与 III—V 族半导体材料有效折射率相匹配，为此本发明将提供一种带有出光窗口的高功率垂直腔面发射激光器的器件结构。

为了实现上述目的，本发明的一种带有出光窗口的高功率垂直腔面发射激光器包括：高铝组分氧化物限制层、上分布布拉格反射镜、上金属电极、散热片、热沉、钝化膜、中间有源增益区、下分布布拉格反射镜、衬底、下金属电极、出光窗口、抗反射膜和台面结构，出光窗口的下端面与衬底的上端面固定连接，抗反射膜的下端面与出光窗口的上端面固定连接，有源增益区的 p 面与上分布布拉格反射镜和钝化膜的上端面固定连接，有源增益区的 n 面与下分布布拉格反射镜的下端面固定连接，高铝组分氧化物限制层和上分布布拉格反射镜的侧面与钝化膜的侧面连接。

出光窗口直径范围选择在 400 微米到 800 微米，其中 600-800 微米直径器件为出光窗口的理想直径范围。出光窗口直径小于台面结构直径。钝化膜采用 Al_2O_3 材料制成；抗反射膜采用 HfO_2 材料制成，抗反射膜选择的有效折射率为 $n_{\text{eff}} = \sqrt{n_0 n_1}$ ，其中 HfO_2 材料选择的有效折射率为 1.85-1.90。

本发明工作时：器件以电注入方式（电激励、电泵浦）工作。载流子由上金属电极注入，经过上分布布拉格反射镜和高铝组分氧化物限制层，进入中间有源增益区，另一侧载流子由下金属电极注入，经过下分布布拉格反射镜，进入中间有源增益区，电子和空穴进行复合，产生受激发射，并经过谐振腔选模振荡，激光从出光窗口出射。

本发明采用大出光窗口的垂直腔面发射激光器、采用 HfO_2 多层膜组合技术及 Al_2O_3 钝化膜技术来提高输出功率。在改善大出光窗口垂直腔面发射激光的光束质量方面，采用出光窗口小于台面直径的设计方案，可以实现较均匀的注入电流分布，使器件有圆形均匀的发光区，从而获得圆对称光

束质量，其发散角小于 10 度，利于光束耦合。利用本发明进行实验测量得到：出光窗口直径为 400 微米和 700 微米时，其光输出功率从曲线 22 和曲线 23 可以看出光输出功率分别为 1.26 瓦和 1.95 瓦；本发明的光输出功率是背景技术中光输出功率 890mW 的 2.1 倍。本发明提高了输出光功率，实现器件瓦级以上、圆对称光束质量的光输出。本发明采用的抗反射膜可以获得 99.99%以上的透过率， HfO_2 抗反射膜性能稳定、且可以用于苛刻的环境中。本发明的抗反射膜用于 III—V 族半导体材料时粘附性好、膜结构致密、均匀、无针孔、在有效通光孔径内膜层无裂纹、擦痕、点子、灰雾及色斑，具有耐湿性、稳定性好等优点，同时具有很好的抗激光损伤的能力，薄膜微观结构引起的散射损耗低等优良的性能。本发明的抗反射膜可以应用于 III—V 族半导体材料制成的光电、电光器件中。

附图说明

图 1 是本发明垂直腔面发射激光器结构主视图；

图 2 是本发明出光窗口小于台面直径的设计方案的主视图；

图 3 是计算本发明实施例 1 选择 980nm 垂直腔面发射激光器输出功率与出光窗口直径及注入电流的关系。

图 4 是本发明实施例 2 选择 400 微米直径垂直腔面发射激光器的实验，测量光输出光功率曲线。

图 5 是本发明实施例 2 选择 700 微米直径垂直腔面发射激光器的实验测量输出光功率曲线。

图 6 是本发明实施例 3 选择带有抗反射膜的边发射激光器。

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。实施例中包括：高铝组分氧化物限制层 1、上分布布

拉格反射镜 2、上金属电极 3、散热片 4、热沉 5、钝化膜 6、中间有源增益区 7、下分布布拉格反射镜 8、衬底 9、下金属电极 10、出光窗口 11、抗反射膜 12 和台面结构 13。

实施例 1：高铝组分氧化物限制层 1 是 AlAs 材料制成，上分布布拉格反射镜 2 由 20 对 AlGaAs/GaAs 材料交替制成，上金属电极 3 由钛、铂、金三种金属材料制成，散热片 4 由金刚石材料制成，热沉 5 由无氧铜材料制成，钝化膜 6 由 Al_2O_3 材料制成，中间有源增益区 7 由三层 InGaAs 和两层 GaAs 材料交替制成，下分布布拉格反射镜 8 由 30 对 AlGaAs/GaAs 材料交替制成，衬底 9 由 GaAs 材料制成，下金属电极 10 由金、锗、镍三种金属材料制成，出光窗口 11 由 GaAs 材料制成，抗反射膜 12 由 HfO_2 材料制成，台面结构 13 由中间有源增益区 7 和上分布布拉格反射镜 2 制成。

本发明在工艺方面，采用减薄、清洗、生长钝化膜、多次光刻、腐蚀台面、侧氧化、上下电极电子束蒸发、衬底面减薄、抛光、双面对准光刻、生长增透膜、解理、压焊、封装、散热等工艺制备带有出光窗口的高功率垂直腔面发射激光器。

本发明中采用 HfO_2 材料做抗反射膜，具有损伤阈值高。根据设计原理，要求所镀材料的折射率要满足： $n_{\text{eff}} = \sqrt{n_0 n_1}$ ，当采用 III—V 族半导体材料如 GaAs 或 InP 系列， $n_{\text{eff}}=1.80\sim1.90$ ，因此我们应该寻找有效折射率在 n_{eff} 区间的介质材料。 HfO_2 材料的有效折射率为 $1.85\sim1.90$ ，恰好与 III—V 族半导体材料抗反射膜所需的有效折射率范围 1.8-1.9 相符合。本发明的抗反射膜在制作工艺方面采用离子辅助沉积方法。蒸发室本底真空度高于 $5\times 10^{-4}\text{Pa}$ ，为了使膜牢固，衬底需要加热 200°C 左右。加热钨丝使外层电子动能大于束缚能而逸出，并利用高电位差加速电子及磁场控制电子束轨迹，

使其撞击到蒸发源产生高热让蒸发源部分蒸发为气体，并在高真空的环境下附着在被镀物体上。

本发明采用半导体激光器输出特性计算公式 $P = \frac{h\nu}{q}(I - I_{th})\eta(1 - \frac{\Delta T}{T_{off}})$ ，并结合垂直腔面发射激光器的结构特点，计算获得不同出光窗口直径的 980nm 垂直腔面发射激光器的光输出功率与注入电流的计算结果如图 3 中所示：

曲线 14 为出光窗口直径为 100 微米时计算的光输出功率；

曲线 15 为出光窗口直径为 200 微米时计算的光输出功率；

曲线 16 为出光窗口直径为 300 微米时计算的光输出功率；

曲线 17 为出光窗口直径为 400 微米时计算的光输出功率；

曲线 18 为出光窗口直径为 500 微米时计算的光输出功率；

曲线 19 为出光窗口直径为 600 微米时计算的光输出功率；

曲线 20 为出光窗口直径为 700 微米时计算的光输出功率；

曲线 21 为出光窗口直径为 800 微米时计算的光输出功率。

计算表明，出光窗口直径在 400-800 微米时，输出功率可以到达最大（瓦级以上）。为此，利用本发明实验测量：出光窗口直径为 400 微米时的光输出功率曲线 22；出光窗口直径为 700 微米时垂直腔面发射激光器实验测量的光输出功率曲线 23。

实施例 2：高铝组分氧化物限制层 1 是 AlGaAs 材料制成，钝化膜 6 由 Al₂O₃ 或 SiO₂ 材料制成，抗反射膜 12 由 HfO₂ 或 Si/SiO₂ 材料制成，其它部件与实施例 1 相同。

实施例 3 如图 6：上金属电极 3 由钛、铂、金三种金属材料制成，中间有源增益区 7 由 InGaP 和 GaAs 或 AlGaAs 和 GaAs 材料制成，衬底 9 由 GaAs 材料制成，下金属电极 10 由金、锗、镍三种金属材料制成，抗反射膜 12

由 HfO_2 材料制成，高反射膜 24 由 HfO_2 和 SiO_2 材料制成。

实施例 4：中间有源增益区 7 为 $\text{GaAs}/\text{AlGaAs}$ 量子阱材料，其它部件与实施例 1 相同。

实施例 5：中间有源增益区 7 为 $\text{GaInAsP}/\text{InP}$ 量子阱材料，其它部件与实施例 1 相同。

实施例 6：中间有源增益区 7 为 $\text{GaInNAs}/\text{GaAs}$ 量子阱材料，其它部件与实施例 1 相同。

实施例 7：本发明的抗反射膜可用于 III—V 族半导体材料制成的激光器。

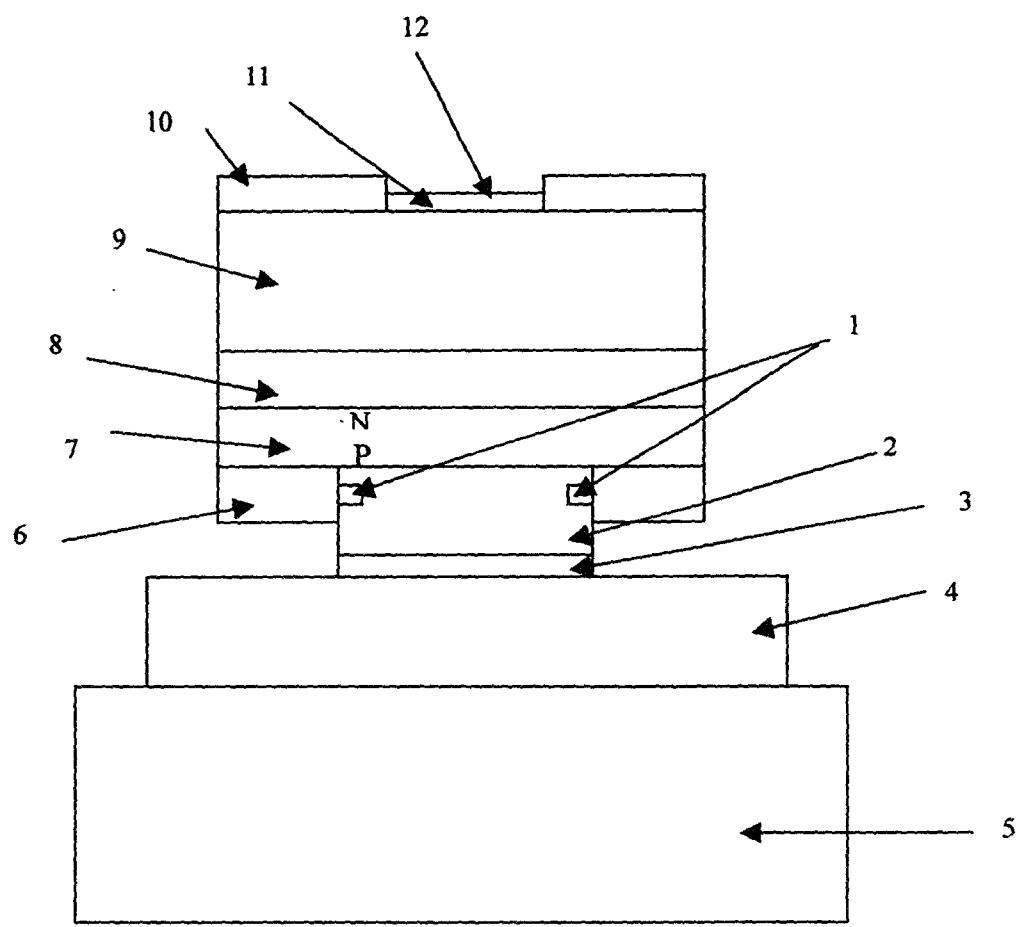


图 1

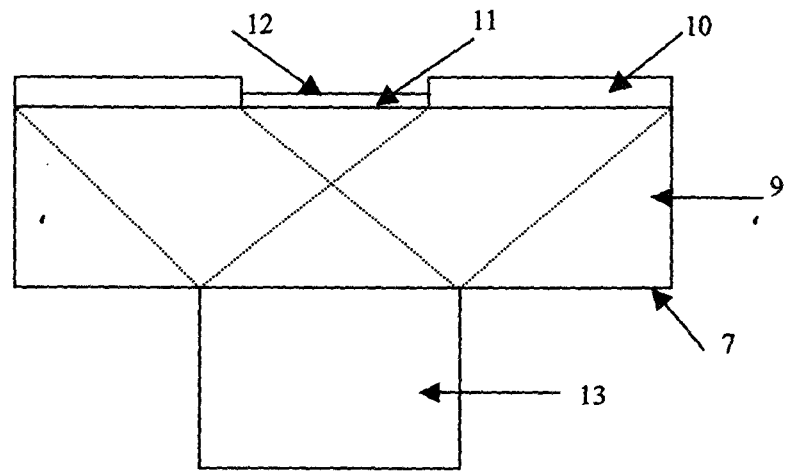


图 2

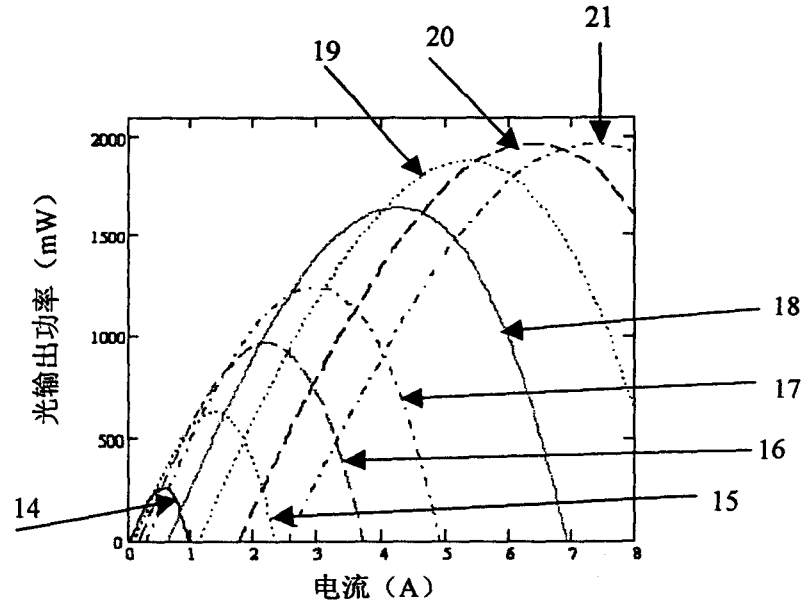


图 3

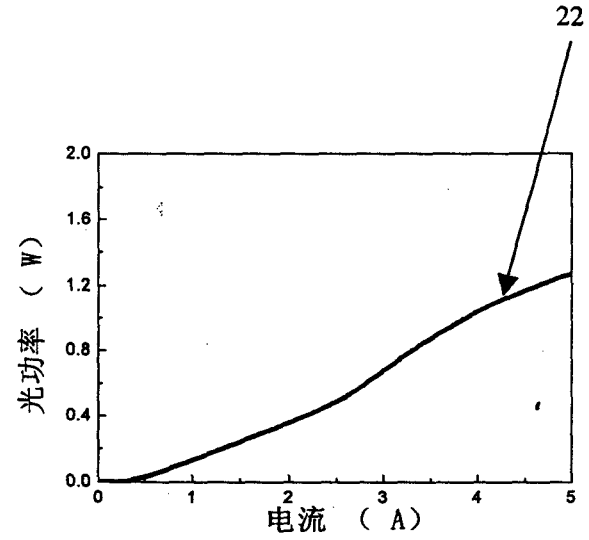


图 4

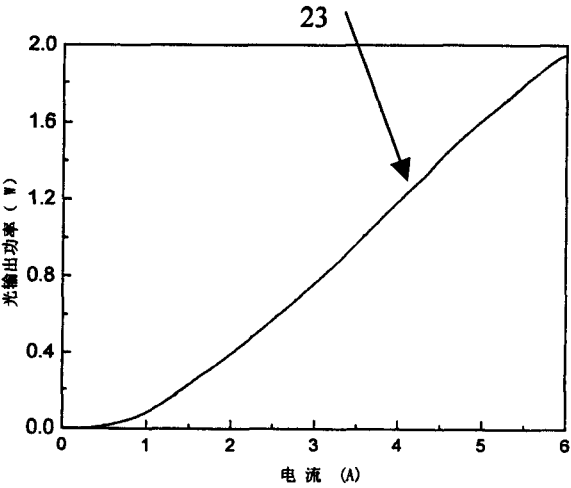


图 5

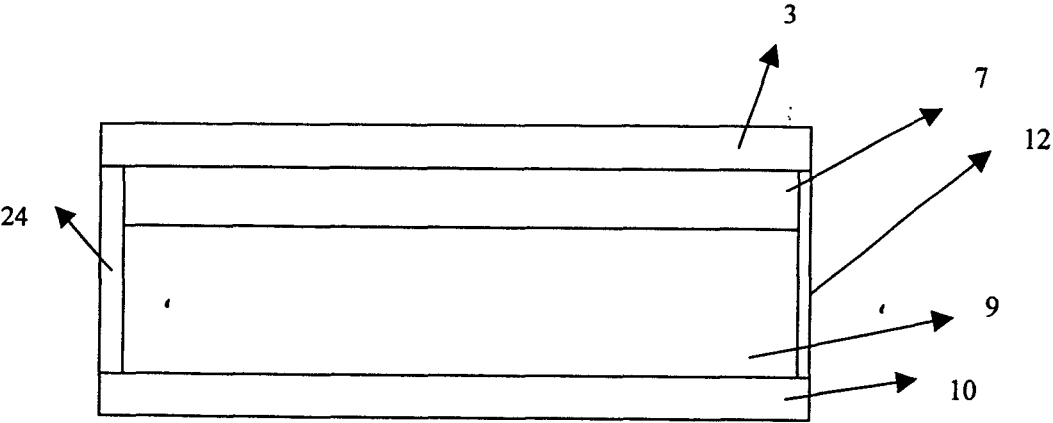


图 6