



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101841129 A

(43) 申请公布日 2010. 09. 22

(21) 申请号 201010179529. 6

H01S 5/14 (2006. 01)

(22) 申请日 2010. 05. 24

H01S 5/22 (2006. 01)

(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
3888 号

(72) 发明人 胡永生 秦莉 叶淑娟 张楠
宁永强

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 陶尊新

(51) Int. Cl.

H01S 5/187 (2006. 01)

H01S 5/065 (2006. 01)

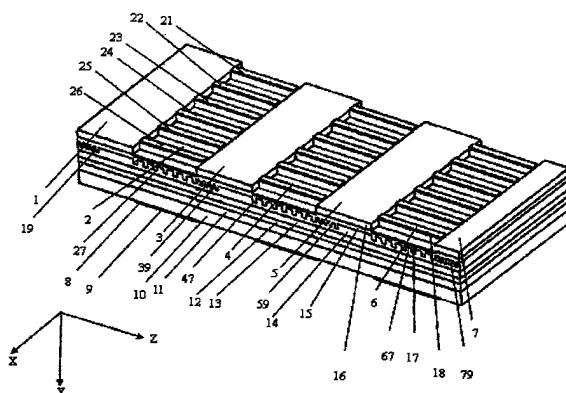
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

单片集成锁相面发射分布反馈半导体激光器阵列

(57) 摘要

单片集成锁相面发射分布反馈半导体激光器阵列，涉及一种新的半导体激光器阵列锁相结构，它解决了现有外部耦合（Talbot 外腔）锁相技术无法实现单片集成，装调困难；内部耦合（漏波耦合）锁相技术因出光区宽度受限而影响出光功率的问题，该结构包括周期性间隔排列的分布布拉格反射器和面发射分布反馈半导体激光器阵列条，所述每个面发射分布反馈半导体激光器阵列条与左右两端的分布布拉格反射器构成外腔反馈激光器；左端的分布布拉格反射器为外腔反馈激光器提供外腔的光反馈；右端的分布布拉格反射器提供端面反射；同时右端的分布布拉格反射器与下一个激光器阵列条构成外腔反馈激光器；本发明可应用于军事、工业、医疗和空间光通信等领域。



1. 单片集成锁相面发射分布反馈半导体激光器阵列,包括M个分布布拉格反射器和N个面发射分布反馈半导体激光器阵列条,其特征是,每个分布布拉格反射器与每个面发射分布反馈半导体激光器阵列条周期性间隔排列,所述每个面发射分布反馈半导体激光器阵列条与左右两端的分布布拉格反射器构成外腔反馈激光器;所述每个面发射分布反馈半导体激光器阵列条左端的分布布拉格反射器为所述外腔反馈激光器提供外腔的光反馈;每个面发射分布反馈半导体激光器阵列条右端的分布布拉格反射器为所述外腔反馈激光器提供端面反射;所述M和N均为自然数,且M = N+1。

2. 根据权利要求1所述的单片集成锁相面发射分布反馈半导体激光器阵列,其特征在于,所述每个分布布拉格反射器由一阶分布布拉格反射光栅构成。

3. 根据权利要求1所述的单片集成锁相面发射分布反馈半导体激光器阵列,其特征在于,所述每个面发射分布反馈半导体激光器阵列条包括一个二阶分布反馈光栅;所述二阶分布反馈光栅有两个衍射级,一级衍射提供光反馈,二级衍射提供表面出光。

4. 根据权利要求2或3所述的单片集成锁相面发射分布反馈半导体激光器阵列,其特征在于,所述光栅位于激光器芯片的上波导层(14)。

5. 根据权利要求1所述的单片集成锁相面发射分布反馈半导体激光器阵列,其特征在于,所述每个面发射分布反馈半导体激光器阵列条在X方向上有P个激光器单元,所述每个激光器单元的腔长范围为100~500μm;所述P的取值由晶片尺寸决定。

6. 根据权利要求5所述的单片集成锁相面发射分布反馈半导体激光器阵列,其特征在于,每个激光器单元为脊型波导结构,每个脊型波导的宽度为1~5μm;所述每个脊型波导上镀金属电极(18)。

7. 根据权利要求5所述的单片集成锁相面发射分布反馈半导体激光器阵列,其特征在于,每相邻两个激光器单元的距离为5~50μm。

8. 根据权利要求1所述的单片集成锁相面发射分布反馈半导体激光器阵列,其特征在于,所述每个面发射分布反馈半导体激光器阵列条的底面由电极(8)和出光孔(9)组成。

9. 根据权利要求1所述的所述的单片集成锁相面发射分布反馈半导体激光器阵列,其特征在于,每个面发射分布反馈半导体激光器阵列条的左端面距分布布拉格反射器的距离为Z_t/2,其中Z_t = 2nd²/λ,n为波导材料折射率,d为所述面发射分布反馈半导体激光器阵列条中的相邻激光器单元的距离,λ为设计波长。

10. 根据权利要求1所述的所述的单片集成锁相面发射分布反馈半导体激光器阵列,其特征在于,每个分布布拉格反射器的长度在50个周期以上。

单片集成锁相面发射分布反馈半导体激光器阵列

技术领域

[0001] 本发明涉及新的半导体激光器阵列锁相结构,尤其是具备高功率、相干输出的半导体激光器阵列。

背景技术

[0002] 半导体激光器具有小巧、高效、寿命长、易于集成等诸多优点。相干激光器与非相干激光器相比,又具有更好的空间模式、更高的峰值功率和功率密度,在光互连、光通信、工业、军事、医疗等方面具有更加广泛的应用前景。制造出高功率、高相干性、衍射极限出光的半导体激光器一直是人们追求的目标。

[0003] 实现半导体激光器相干出光的关键是锁定各个激光器单元之间的相位,根据采用耦合方式的不同,可分为内部耦合和外部耦合。内部耦合方式主要有:漏波耦合、倏逝波耦合、Y型耦合和X型耦合等。内部耦合结构紧凑,但发光单元的宽度往往不能做的很大,限制了锁相输出的功率,难以适应高功率的要求;外部耦合方式可分为两类:种子注入锁定和外腔锁相。外腔锁相是利用光束在外腔中传播时发生的衍射以及外腔镜的反馈作用,在各激光器单元之间建立起相互耦合的机制,其方法主要包括:空间滤波技术、相位共轭技术以及 Talbot 外腔技术等。种子注入锁定需要一个额外的输出高质量激光的主激光器,以及昂贵的光隔离器。而外腔锁相系统结构简单,效果较好。

[0004] 单片集成技术是将光学元件集成在单片基板上,使光线沿着预定的光路传播。该技术可明显提高光学系统的稳定性和复杂系统的紧凑性,同时大大降低传统光学机械系统的加工和装调成本。目前已实现简单光学系统,如光源和探测器集成系统、集成混合成像系统等的单片集成。

[0005] 对 Talbot 外腔锁相半导体激光器的研究已经相当深入,而对单片集成 Talbot 外腔锁相技术则鲜有报道,究其原因在于,传统的边发射半导体激光器只能一端置 Talbot 外腔镜,另一端出光,因此仅能实现一维 Talbot 外腔锁相,无法实现二维集成。

[0006] 目前,实现面发射分布反馈(SE-DFB)半导体激光器阵列锁相的方式也仅限于反波导耦合,属于上述的漏波耦合范畴,其发光区宽度的选取对器件性能影响很大,因此器件制作和工作稳定性不高。此外,由于存在上述的发光区宽度无法做得很大的问题,反波导耦合锁相面发射分布反馈半导体激光器阵列的出光功率也受到了极大的限制。

发明内容

[0007] 本发明为解决现有采用外部耦合(Talbot 外腔)锁相技术无法实现单片集成,装调困难;内部耦合(漏波耦合)锁相技术因出光区宽度受限而影响出光功率的问题,提出一种单片集成锁相面发射分布反馈半导体激光器阵列。

[0008] 单片集成锁相面发射分布反馈半导体激光器阵列,包括 M 个分布布拉格反射器和 N 个面发射分布反馈半导体激光器阵列条,每个分布布拉格反射器与每个面发射分布反馈半导体激光器阵列条周期性间隔排列,所述每个面发射分布反馈半导体激光器阵列条与左

右两端的分布布拉格反射器构成外腔反馈激光器；所述每个面发射分布反馈半导体激光器阵列条左端的分布布拉格反射器为所述外腔反馈激光器提供外腔的光反馈；每个面发射分布反馈半导体激光器阵列条右端的分布布拉格反射器为所述外腔反馈激光器提供端面反射；所述M和N均为自然数，且M=N+1。

[0009] 本发明的原理：本发明采用周期性间隔排列的面发射分布反馈半导体激光器阵列条和分布布拉格反射器；每一个面发射分布反馈半导体激光器阵列条与其左端的分布布拉格反射器构成外腔激光器，其右端紧邻的分布布拉格反射器为其提供端面反射；其中，每个面发射分布反馈半导体激光器阵列条由P个激光器单元构成。每个激光器单元包括一个二阶分布反馈光栅，该光栅可提供两个衍射级，一级衍射提供光反馈，二级衍射提供表面出光，得到沿Y方向的底面激射出光和Z方向的发射损耗。每个面发射分布反馈半导体激光器阵列条的左端面距分布布拉格反射器距离为 $Z_t/2$ ，其中 $Z_t = 2nd^2/\lambda$ ，n为波导材料折射率，d为激光器单元X方向中心距离，λ为设计波长，满足 Talbot 自成像距离要求；所述分布布拉格反射器，由一阶光栅构成，其周期满足布拉格条件，约为二阶分布反馈光栅周期的一半。整个结构由半导体材料的二次生长技术得到，二阶光栅和一阶光栅由全息曝光或电子束光刻和反应离子束刻蚀制作在上波导层上，从而得到高功率的相干光束。

[0010] 本发明的有益效果：本发明结合外腔锁相技术、单片集成技术和面发射分布反馈半导体激光器技术，设计了新的激光器阵列锁相结构。采用面发射分布反馈半导体激光器阵列条（SE-DFB）与分布布拉格反射器（DBR）周期性间隔排列，实现二维平面集成，并获得高功率、高相干度光束，发散角小的激光输出，且温漂小、无损伤阈值、易散热、远场单瓣分布等诸多优点。同时可克服传统 Talbot 外腔装调困难的不足。

附图说明

- [0011] 图1为本发明具体实施方式二的单片集成锁相阵列立体图；
- [0012] 图2为本发明具体实施方式二的单片集成锁相阵列前视图；
- [0013] 图3为本发明的面发射分布反馈半导体激光器阵列俯视图；
- [0014] 图4为本发明的面发射分布反馈半导体激光器阵列仰视图。
- [0015] 图中：1、第一分布布拉格反射器，2、第一面发射分布反馈半导体激光器阵列条，3、第二分布布拉格反射器，4、第二面发射分布反馈半导体激光器阵列条，5、第三分布布拉格反射器，6、第三面发射分布反馈半导体激光器阵列条，7、第四分布布拉格反射器，8、电极，9、出光孔，10、衬底，11、缓冲层，12、下波导层，13、多量子阱层，14、上波导层，15、上包层，16、接触层，17、二氧化硅介质膜，18、金属电极，19、第一一阶光栅，39、第二一阶光栅，59、第三一阶光栅，79、第四一阶光栅，21、第一激光器单元，22、第二激光器单元，23、第三激光器单元，24、第四激光器单元，25、第五激光器单元，26、第六激光器单元，27、第一二阶光栅，47、第二二阶光栅，67、第三二阶光栅。

具体实施方式

[0016] 具体实施方式一：本实施方式所述的一种单片集成锁相面发射分布反馈半导体激光器阵列，包括M个分布布拉格反射器和N个面发射分布反馈半导体激光器阵列条，每个分布布拉格反射器与每个面发射分布反馈半导体激光器阵列条周期性间隔排列，所述每个面

发射分布反馈半导体激光器阵列条与左右两端的分布布拉格反射器构成外腔反馈激光器；所述每个面发射分布反馈半导体激光器阵列条左端的分布布拉格反射器为所述外腔反馈激光器提供外腔的光反馈；每个面发射分布反馈半导体激光器阵列条右端的分布布拉格反射器为所述外腔反馈激光器提供端面反射；所述 M 和 N 均为自然数，且 M = N+1。

[0017] 本实施方式所述的每个分布布拉格反射器由一阶分布布拉格反射光栅构成；每个面发射分布反馈半导体激光器阵列条包括一个二阶分布反馈光栅；所述光栅制作于激光器芯片的上波导层 14；所述二阶分布反馈光栅有两个衍射级，一级衍射提供光反馈，二级衍射提供表面出光。得到沿 Y 方向的底面激射出光和 Z 方向的发射损耗；由于外腔反馈调制作用，使得每个面发射分布反馈半导体激光器阵列条的所有激光器单元实现锁相运行，最终在 Y 方向得到高功率相干光束。

[0018] 本实施方式所述的每个面发射分布反馈半导体激光器阵列条在 X 方向上有 P 个激光器单元，所述每个激光器单元的腔长范围为 $100 \sim 500 \mu\text{m}$ ；所述 P 的范围由晶片的尺寸决定。

[0019] 本实施方式所述的每个激光器单元为脊型波导结构，每个脊型波导的宽度为 $1 \sim 5 \mu\text{m}$ ；所述每个脊型波导上镀金属电极 18；可实现激光器的侧向单横模运行；所述每相邻两个激光器单元的距离在 $5 \sim 50 \mu\text{m}$ 之间。

[0020] 本实施方式所述的每个面发射分布反馈半导体激光器阵列条的底面由电极 8 和出光孔 9 组成。

[0021] 本实施方式所述的每个面发射分布反馈半导体激光器阵列条的左端面距分布布拉格反射器的距离为 $Z_t/2$ ，其中 $Z_t = 2nd^2/\lambda$ ，n 为波导材料折射率，d 为所述面发射分布反馈半导体激光器阵列条中的相邻激光器单元的距离， λ 为设计波长；满足 Talbot 自成像距离的要求。

[0022] 本实施方式所述的每个分布布拉格反射器的长度在 50 个周期以上，每个周期为 $\lambda/2n$ ，以提供 90% 以上的光反馈。

[0023] 具体实施方式二：本实施方式一为具体实施方式一所述的单片集成锁相发射分布反馈半导体激光器阵列的具体实施例；结合图 1 对本实施方式作进一步说明；

[0024] 实施例 1：本实施例采用的材料体系为 InGaAs/InGaAsP，出光波长 940nm；所述的单片集成结构包括周期性间隔排列四个分布布拉格反射器和三个面发射分布反馈半导体激光器阵列条，所述第一面发射分布反馈半导体激光器阵列条 2 与其左端的第一分布布拉格反射器 1、右端的第二分布布拉格反射器 3 构成外腔反馈激光器，所述第一分布布拉格反射器为所述外腔激光器提供外腔反馈光，第二分布布拉格反射器为外腔反馈激光器提供端面反射；所述第二面发射分布反馈半导体激光器阵列条 4 与其左端的第二分布布拉格反射器 3、右端的第三分布布拉格反射器 5 构成外腔反馈激光器，所述第二分布布拉格反射器 3 为所述外腔激光器提供外腔反馈光，第三分布布拉格反射器 5 为外腔反馈激光器提供端面反射；所述第三面发射分布反馈半导体激光器阵列条 6 与其左端的第三分布布拉格反射器 5、右端的第四分布布拉格反射器 7 构成外腔反馈激光器，所述第三分布布拉格反射器 5 为所述外腔激光器提供外腔反馈光，第四分布布拉格反射器 7 为外腔反馈激光器提供端面反射；每个面发射分布反馈半导体激光器阵列条由第一激光器单元 21、第二激光器单元 22、第三激光器单元 23、第四激光器单元 24、第五激光器单元 25、第六激光器单元 26 构成。

[0025] 其制作过程为：该单片集成结构由二次材料外延生长完成。所述衬底 10 为 GaAs、缓冲层 11 为 GaAs、下波导层 12 为 GaInP、多量子阱层 13 为 InGaAs 或者 InGaAsP、上波导层 14 为 InGaAsP 由第一次外延生长（金属有机化学气相沉积）完成；其次采用全息曝光和反应离子束刻蚀在整个上波导层上制作第一二阶光栅 27、第二二阶光栅 47、第三二阶光栅 67、第一一阶光栅 19、第二一阶光栅 39、第三一阶光栅 59 和第四一阶光栅 79，然后二次外延生长上包层 15 为 InGaP，接触层 16 为 GaAs；接着采用光刻和刻蚀制作 6×3 个脊形波导，脊形波导上制作金属电极 18，两个金属电极间均用二氧化硅介质膜 17 进行电隔离，最后再经过衬底 10 减薄，在每个面发射分布反馈半导体激光器阵列条的背面镀电极 8，制作大的出光孔 9，整个器件制作完成。

[0026] 本实施方式所述的单片集成结构具有制作简单，结构紧凑的优点。

[0027] 本实施例所述的激光器单元腔长为 $400 \mu\text{m}$ ，脊形波导的波导宽度为 $1 \mu\text{m}$ ，二阶光栅的周期为 290nm ；每个面发射分布反馈半导体激光器阵列条内相邻的激光器单元的距离为 $10 \mu\text{m}$ ；底部出光孔为 $1.5 \mu\text{m} \times 200 \mu\text{m}$ ；每个分布布拉格反射器周期为 145nm ，其长度为 50 个周期；每个面发射分布反馈半导体激光器阵列条左端面距分布布拉格反射器距离为 $336 \mu\text{m}$ 。

[0028] 实施例 2：本实施例采用的波导材料体系为 InP 或者 InGaAsP，出光波长为 1550nm 。衬底 10 为 n-InP，缓冲层 11 为 n-InP，下波导层 12 为 n-InGaAsP，有源层为 $\text{In}_{0.56}\text{Ga}_{0.44}\text{As}_{0.95}\text{P}_{0.05}/\text{In}_{0.74}\text{Ga}_{0.26}\text{As}_{0.57}\text{P}_{0.43}$ 多量子阱层 13，上波导层 14 为 p-InGaAsP，在整个上波导层上制作第一二阶光栅 27、第二二阶光栅 47、第三二阶光栅 67、第一一阶光栅 19、第二一阶光栅 39、第三一阶光栅 59 和第四一阶光栅 79，然后二次外延生长 p-InP 上包层 15，接触层 16 为 p-InP。其它过程与实施例 1 相同。

[0029] 本实施例所述的激光器单元腔长为 $500 \mu\text{m}$ ，脊形波导的波导宽度为 $1.5 \mu\text{m}$ ，二阶光栅的周期为 477nm ；每个面发射分布反馈半导体激光器阵列条内相邻激光器单元的距离为 $10 \mu\text{m}$ ；底部出光孔为 $40 \mu\text{m} \times 300 \mu\text{m}$ ；分布布拉格反射器周期为 239nm ，长度为 60 个周期（每个周期为 $\lambda / 2n$ ）；每个面发射分布反馈半导体激光器阵列条左端面距分布布拉格反射器距离为 $439 \mu\text{m}$ 。

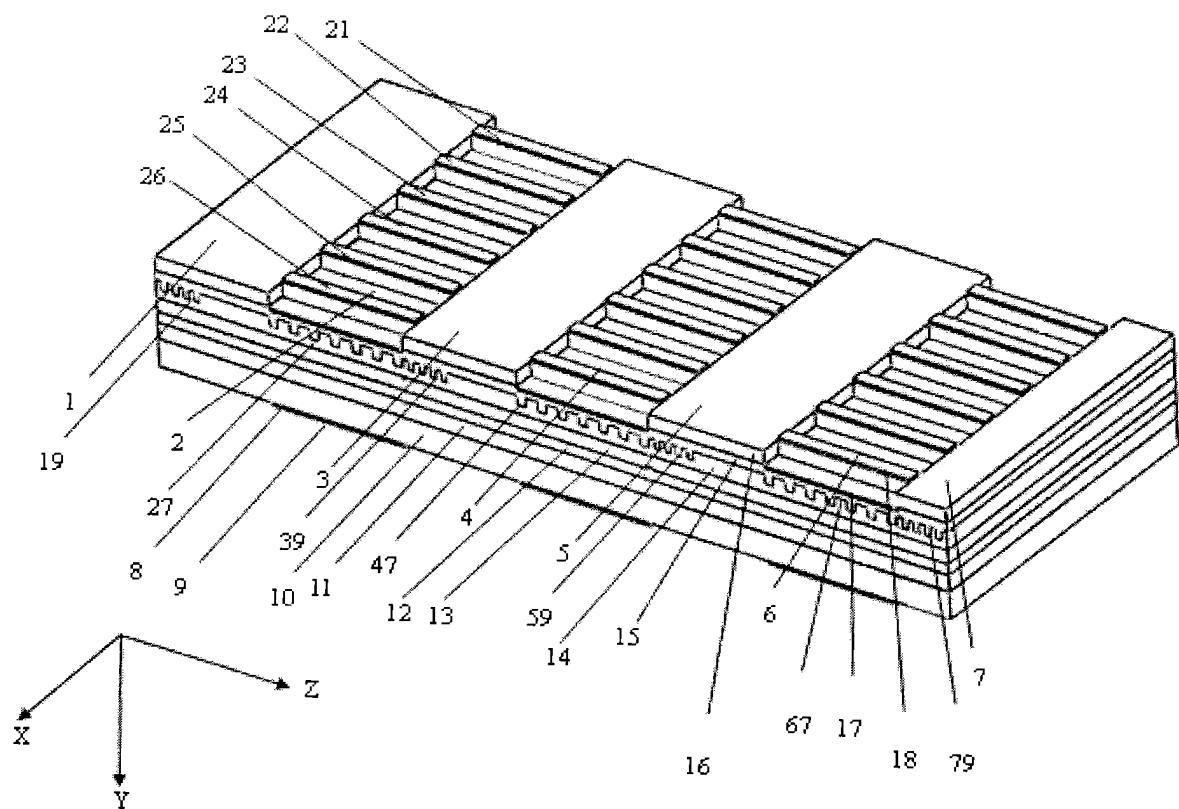


图 1

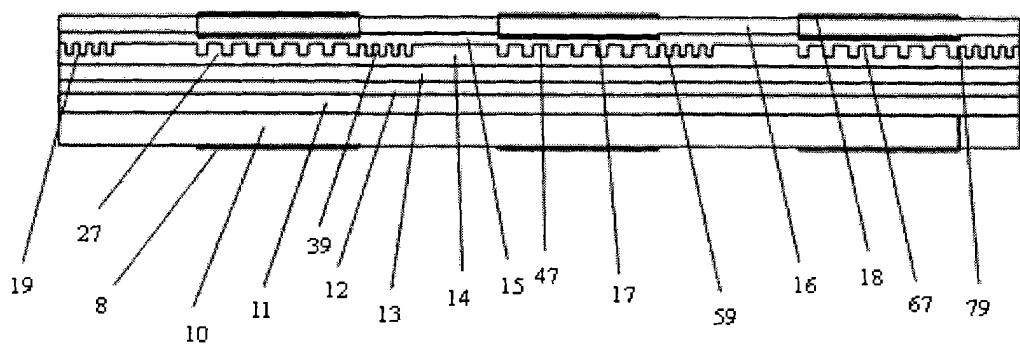


图 2

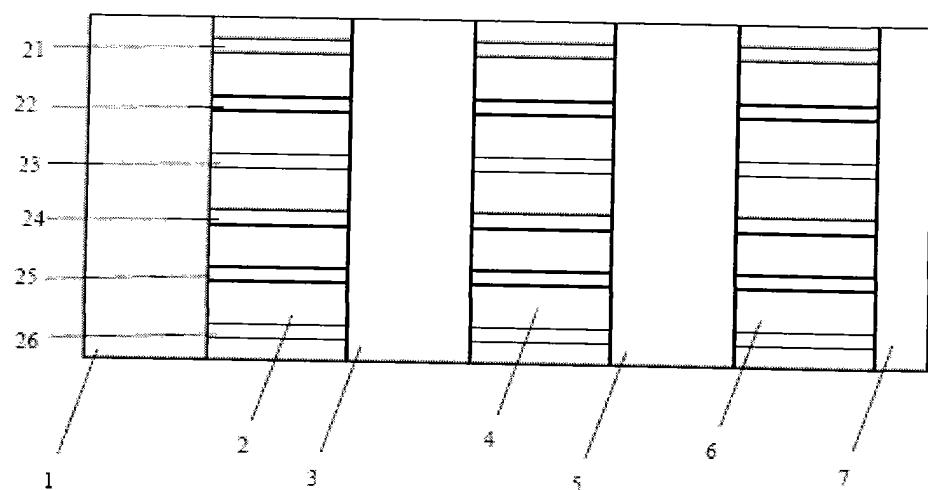


图 3

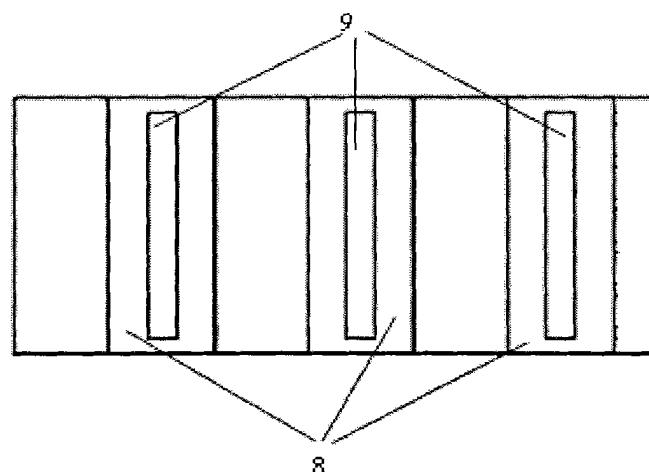


图 4