

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 99810575.9

[43]公开日 2001年10月10日

[11]公开号 CN 1317165A

[22]申请日 1999.8.5 [21]申请号 99810575.9

[30]优先权

[32]1998.8.10 [33]RU [31]98114581

[86]国际申请 PCT/RU99/00275 1999.8.5

[87]国际公布 WO00/10235 俄 2000.2.24

[85]进入国家阶段日期 2001.3.1

[71]申请人 瓦西里·依凡诺维奇·施维京

地址 俄罗斯莫斯科

[72]发明人 瓦西里·依凡诺维奇·施维京

[74]专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

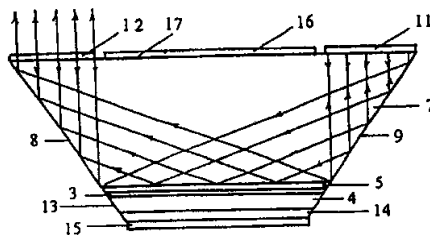
代理人 姜丽楼

权利要求书5页 说明书24页 附图页数11页

[54]发明名称 注入式激光器

[57]摘要

本发明涉及具有特殊结构光学谐振腔的注入式激光器,整个谐振腔包含用于强出射放大的放大区有源体积以及辐射进入区(7)的无源体积,该体积包含多个激光异质结构(2)层和相应的组分和厚度,辐射进入区(7)的光学小面(8,9)有不同的结构,还包含欧姆接触(15,16),因此能确定激光辐射模式的形成区域以及他们的受激复合和非平衡载流子的注入区,还可增加激光辐射的功率,减小电流阈值密度,增加激光效率,对于互相垂直的辐射出流方向降低发散角到衍射角,还可增加产生单模过程的规律性,改善空间光学特性,降低激光辐射的波长对泵浦电流的依赖性,增加使用寿命和可靠性,还涉及具有提高垂直工作面输出激光辐射的高效激光器,以及利用自激活的具有高功率激光束的激光器。



ISSN 1008-4274

权 利 要 求 书

5 1. 一种注入式激光器，包含一激光器异质结构，该结构包含一工作层和包覆层，在所述结构内可以形成增益区，以及反射器，光学谐振腔，欧姆接触，至少在工作层的一侧面上，一内表面接近相应的包覆层的辐射入流区；如果辐射入流区的折射率 n_{RIR} 超过由激光器异质结构和相邻的辐射入流区组成整体的有效的折射率 n_{eff} ，则辐射出流从工作层进入辐射入流区的条件满足 $\arccos(n_{eff}/ n_{RIR})$ 大于 0，所述注入式激光器的特征在于至少部分光学谐振腔的介质由至少部分入流区和至少部分增益区构成，而至少部分光学谐振腔的一反射器的反射系数选自大于 0 和小于 1 范围内的，至少使一个入流区透过激光辐射，而至少从一部件所形成的增益区由从工作层出射的并进入入流区的辐射的增益
10 $G_{outflow}(cm^{-1})$ 表征，入流区由阈值损耗因子 $\alpha_{RIR-thr}(cm^{-1})$ 表征，选择增益值 $G_{outflow}(cm^{-1})$ 大于因子 $\alpha_{RIR-thr}(cm^{-1})$ ，从工作层辐射流出进入辐射入流区的条件由下述关系式确定：

$$\arccos(n_{eff}/ n_{RIR}) \leq \arccos(n_{eff-min}/ n_{RIR})$$

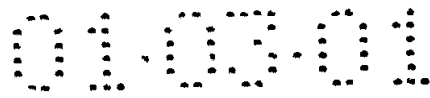
式中， $n_{eff-min}$ 大于 n_{min} ， $n_{eff-min}$ 是 n_{eff} 的最小值，该 n_{eff} 取自由实际感
20 兴趣的具有辐射入流区的多个激光器异质结构的所有可能的 n_{eff} ，而 n_{min} 是在异质结构的包覆层内最小的折射率。

2. 如权利要求 1 的注入式激光器，其特征是形成至少一子层的工作层。

3. 如上述权利要求 1, 2 的任何一项的注入式激光器，其特征是分别设置在工作层的第一和相反的第二表面上的包覆层分别形成包覆子层
25 I_i 和 I_j ，其中， $I=1, 2, \dots, k$ ，而 $j=1, 2, \dots, m$ ，

他们分别为整数，表示从工作层起数的包覆层的次序数，他们的折射率分别是 n_{I_i} 和 n_{I_j} ，带隙为 E_{I_i} 和 E_{I_j} ，在每个包覆层内至少有一个包覆子层。

30 4. 如上述权利要求的任何一项的注入式激光器，其特征是辐射入流



区的光学小面相对垂直于纵向增益轴的平面，又称为垂直面的倾角为 ψ ，它的绝对值大于 0；如果光学小面与内表面形成锐角，则倾角 ψ 为正值，如果形成钝角，则倾角 ψ 为负值。

5. 如上述权利要求的任何一项的注入式激光器，其特征是阻挡区引入激光器的异质结构中。

6. 如上述权利要求的任何一项的注入式激光器，其特征是选择增益区为带状的增益区。

7. 如上述权利要求的任何一项的注入式激光器，其特征是由沿着增益区的纵向增益轴确定的辐射入流区的内表面长度 L_{RIR} ，以及辐射入流区的宽度 W_{RIR} 分别不小于增益区的长度 L_{GR} 和 W_{GR} 。

8. 如上述权利要求的任何一项的注入式激光器，其特征是辐射入流区的厚度在 $2\mu\text{m}-50,000\mu\text{m}$ 范围内选择。

9. 如上述权利要求的任何一项的注入式激光器，其特征是辐射出流区由光学均匀的材料制成。

10. 如权利要求 9 的注入式激光器，其特征是辐射入流区由半导体制成，半导体的带隙 $E_{\text{RIR}}(\text{ev})$ 超过工作层的带隙 $E_{\text{a}}(\text{ev})$ 为 0.09ev 。

11. 如上述权利要求的任何一项的注入式激光器，其特征是辐射入流区由引入的晶片制成。

12. 如上述权利要求的任何一项的注入式激光器，其特征是辐射入流区由导电材料制成。

13. 如权利要求 12 的注入式激光器，其特征是与辐射入流区的表面形成欧姆接触。

14. 如上述权利要求的任何一项的注入式激光器，其特征是邻近激光器异质结构的，厚度不大于 $W_{\text{GR}}(\mu\text{m})$ 的辐射入流区的部分体积做成导电的，而其余部分由光学损耗因子 α_{RIR} 不大于 0.1cm^{-1} 的材料做成。

15. 如上述权利要求的任何一项的注入式激光器，其特征是部分平行于辐射入流区的内表面层的辐射入流区由具有不同折射率的材料制成。

16. 如权利要求 14 或 15 的注入式激光器，其特征是与辐射入流区的导电部件形成欧姆接触。

17. 如上述权利要求的任何一项的注入式激光器, 其特征是所形成的辐射入流区的光学损耗因子 α_{RIR} 不大于 0.1 cm^{-1} 。

18. 如权利要求 1—11, 15 和 17 的注入式激光器, 其特征是使从辐射入流区方向的欧姆接触与设置在工作层和辐射入流区之间的导电包覆子层的一层接触。

19. 如权利要求 18 的注入式激光器, 其特征是使与具有最小带隙值的导电子层进行欧姆接触。

20. 如上述权利要求的任何一项的注入式激光器, 其特征是至少形成一层具有折射率至少为 n_{RIR} 的包覆子层。

21. 如上述权利要求的任何一项的注入式激光器, 其特征是在至少增益区的一个侧面, 它的端表面如同辐射入流区的相邻的小面一样做成具有相同的倾角和相同的反射系数。

22. 如上述权利要求 1—21 的任何一项的注入式激光器, 其特征是至少所形成的作为光学谐振腔的反射器的小面的正倾角 ψ , 它等于出流角 φ , 并等于 $\arccos(\eta_{\text{eff}}/n_{\text{RIR}})$ 。

23. 如上述权利要求 1—22 的任何一项的注入式激光器, 其特征是至少一个小面具有负倾角 ψ , 它等于 $(\pi/4) - (\varphi/2)$, 至少辐射入流区的部分外表面, 至少其上投射反射的光学小面用作为光学谐振腔的反射器。

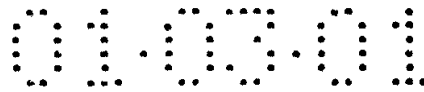
24. 如上述权利要求 1—23 的任何一项的注入式激光器, 其特征是至少一个光学小面具有正倾角 ψ , 它等于 $(\pi/4) - (\varphi/2)$, 至少使用相反于入流区的注入激光器的部分表面, 至少其上投射反射的光学小面用作为光学谐振腔的反射器。

25. 如上述权利要 22—24 的任何一项的注入式激光器, 其特征是其它的光学小面的倾角 ψ 为 0。

26. 如上述权利要 25 的注入式激光器, 其特征是一个引入的反射层形成在上述的光学小面上。

27. 如上述权利要 22—26 的任何一项的注入式激光器, 其特征是至少光学谐振腔一个反射器用作为外反射器。

28. 如上述权利要 27 的注入式激光器, 其特征是所形成的辐射入流区的两个光学小面的倾角 ψ 为 0。



29. 如上述权利要 27 或 28 的注入式激光器,其特征是至少光学谐振腔的一个反射器为一个平面镜。

30. 如上述权利要 22-28 的任何一项的注入式激光器,其特征是至少光学谐振腔的一个反射器为一个柱面镜。

5 31. 如上述权利要 22-28 的任何一项的注入式激光器,其特征是至少光学谐振腔的一个反射器为一个球面镜。

32. 如上述权利要 22-28 的任何一项的注入式激光器,其特征是至少光学谐振腔的一个反射器为一个衍射光栅。

10 33. 如上述权利要 22-32 的任何一项的注入式激光器,其特征是至少一个辐射入流区的引入侧的光学小面与垂直于工作层并与一个纵向增益轴的垂直面形成倾角为 β 的倾斜;如果侧光学小面与内表面构成锐角,则倾角 β 为正值,如果侧光学小面与内表面构成钝角,则倾角 β 为负值。

34. 如上述权利要 23 的注入式激光器,其特征是至少一个具有反射层的光学小面,其上所形成的正倾角 β 等于出流角 φ 。

15 35. 如上述权利要 33 或 34 的注入式激光器,其特征是所形成的光学小面的负倾角等于 $(\pi/4 - \varphi/2)$,在至少辐射入流区的部分外表面上--反射层形成在至少部分辐射投射的侧光学小面上。

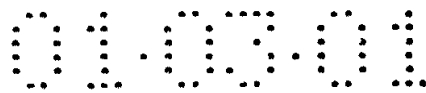
20 36. 如上述权利要 33-35 的任何一项的注入式激光器,其特征是至少一个侧光学小面所形成的倾角 β 等于 $(\pi/4 + \varphi/2)$,一个反射层至少形成在相反于辐射入流区的注入式激光器的部分表面上,并至少部分投射在侧光学小面上。

37. 如上述权利要 1-21 的任何一项的注入式激光器,其特征是辐射入流区形成为一截尾直角圆锥,它的一个底是内表面,光学谐振腔的反射器设置在至少部分的输出面上。

25 38. 如上述权利要 37 的注入式激光器,其特征是反射层形成在至少部分外表面上。

39. 如上述权利要 37 或 38 的注入式激光器,其特征是所述圆锥侧面的母线与内表面构成的倾角 γ 选为 $(\pi/2 - \varphi)$ 。

30 40. 如上述权利要 37 或 38 的注入式激光器,其特征是所述圆锥侧面的母线与内表面构成的倾角 γ 选为 $(3\pi/4 - \varphi/2)$ 。



41. 如上述权利要 37 或 38 的注入式激光器, 其特征是所述圆锥侧面的母线与内表面构成的倾角 γ 选为 $(\pi/4 - \varphi/2)$ 。

42. 如上述权利要 1—41 的任何一项的注入式激光器, 其特征是至少在一辐射入流区的内表面上形成具有相同出流角 φ 的二个增益区。

5 43. 如上述权利要 42 的注入式激光器, 其特征是从与辐射入流区的部位相反的方向形成与每个增益区独立的欧姆接触。

44. 如上述权利要 21, 或 42, 或 43 的注入式激光器, 其特征是形成至少具有两个序列增益区的增益区, 其中设置至少两个增益区; 在每个序列中每个增益区的纵向增益轴互相平行, 并使工作层与每个序列增益区的公共辐射入流区的光学小面的平面的扩展面相交的交线产直角。

45. 如上述权利要 44 的注入式激光器, 其特征是使欧姆接触和与其接触的引入的金属层, 至少从辐射入流区方向的每个上述序列的增益区的金属层做成条状的形式形成在至少是部分前述的公共入流区的外表面上。

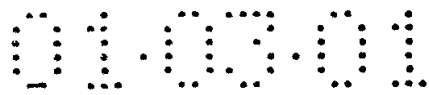
15 46. 如上述权利要 44 的注入式激光器, 其特征是在金属层的表面上使独立的欧姆接触形成在与设置辐射入流区相反的一侧上, 它是以互相绝缘的条状形式并平行于增益区的增益轴设置。

47. 如上述权利要 42 或 43 的注入式激光器, 其特征是在至少平行于增益区的纵向增益轴的行的方向上形成增益区。

20 48. 如上述权利要 47 的注入式激光器, 其特征是所形成的增益区在增益区的起始端之间具有一间隔, 它等于 $2d_{RIR}/\tan\varphi$; 外表面是光学反射的, 至少以出流角 φ 投射到面上的各增益区。

49. 如上述权利要 1—43 或 47 的注入式激光器, 其特征是至少具有相同出流角 φ 的一增益区沿着二个互相平行的行并沿着增益区的纵向增益轴形成在辐射入流区的相反的表面, 在辐射入流区的相反侧上的增益区的起始端之间的最短的间隔是 $d_{RIR}/\sin\varphi$ 。

25 50. 如上述权利要 14—19, 或 42—44, 或 47—49 的任一项的注入式激光器, 其特征是至少两个相邻的增益区均电绝缘于入流区的非导电的体积, 上述增益区的欧姆接触由金属层形成电耦合。



说明书

注入式激光器

5

本发明涉及量子电子技术，尤其是，具有窄辐射图形的高效，高功率，小型的半导体注入式辐射光源。

注入激光器（下称激光器）是一种将电能转换成具有窄带宽和高方向性的辐射能的器件。

10

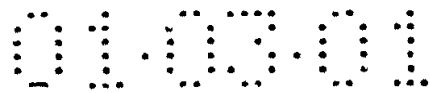
已知具有各种不同类型的激光器：具有条状主动产生激光的激光器，以及具有通过光学谐振腔的腔镜输出光辐射的激光器（S.S.Ou et.al., Electronics Letters(1992), Vol.28, No. 25, pp. 2345—2346），分布反馈激光器（Handbook of Semiconductor and Photonic Integrated Circuits, edited by Y.Suematsu and A.R.Adams, Chapman-Hill, London, 1994, pp.44—
15 45 and 393-417），激光放大器，包含主振荡功率放大器（MOPA）（IEEE j.of Quantum Electronics（1993），Vol. 29, No. 6, pp. 2052—2057），以及具有曲面谐振腔和通过表面输出辐射的激光器（Electronics Letters（1992），Vol.28，No.21，pp. 3011—3012）。这些激光器进一步扩展的应用受到不够强的辐射功率，效率，工作寿命和可靠性的限制，还包括单模激光输出性能的限制。
20

由 D. R.Scifres et al. 所介绍的激光器（US 专利 No.4, 063, 189, 1997, H01S 3/19, 331/94.5H）是最新的激光器。该激光器包含设置在两层光学均匀的包覆层之间的 GaAs 工作层。工作激光器的增益区（下称“GR”）和增益区的长度 L_{GR} ，实际上与工作层一致，利用欧姆接触使不平衡的载体注入到工作层内。所述的增益区 GR 是光学谐振腔的介质。通过作为反射镜的平坦端表面限定沿着纵向增益轴的 GR 长度。光学谐振腔（Fabry—Perot）的长度 L_{OR} 与长度 L_{GR} 一致，所以下述比值等于 1：
25

$$\mu = L_{OR} / L_{GR} \quad (1)$$

30

将具有某一反射系数的反射涂层（下称反射涂层）涂到光学谐振腔



的反射器上。辐射入流区（下称“RIR”），用作为 GaAs 的衬底，入流区邻接于包层的一个表面上，所述的包层与工作层有一定的距离。面积等于 GR 面积的 RIR 的内表面位于连接于 RIR 的包层上。RIR 的平坦光学小面是由一种光学谐振腔的反射器的平面构成，他们垂直于 GR 的纵向增益轴。将反射系数接近于零的涂层（下称“消反射涂层”）涂到一个光学小面上（下称“小面”），同时将反射涂层涂到另一个小面上。涂有消反射膜的小面是输出面。所述的 RIR 是导电的，并与它的外表面成欧姆接触，该外表面就是内表面的相反面。从异质结构的方向制成其它的欧姆接触。将工作层，包层和 RIR 的组分和厚度选择成，使 RIR 的折射率 n_{RIR} 超过异质结构和 RIR 的有效折射率 n_{eff} ，或者（J.K. Buttler et. Al., IEEE Jouru. Of Quant. Electron. (1975), Vol. QE-11, p.402) 使：

$$\phi = \arccos (n_{eff} / n_{RIR}) \quad (2)$$

在对激光器施加直流电时，不平衡的载流子注入工作层，产生特定波长 λ 的辐射，并在光学谐振腔的介质内出现模成分。同时，在满足上述出流条件下，由 GR 辐射的部分激光通过 RIR 存在在激光器内。需指出，使用相同成分的工作层和 RIR（均由 GaAs 制作的）分别限制 n_{eff} / n_{RIR} 比值范围在大约 0.9986—1 之间，流出角的范围在 $3^\circ - 0^\circ$ 之间。

所述的发明人（D.R. Scifres et al., U.S. Patent 4,063,189, 1977, H01S3、19, 331、94. 5H），以及 D.R. Scifres et al. (Applied Physics Letters (1976), Vol.29, No.1, pp.23—25)，对于所加工的激光器具有下述的基本参数：对于长度 L_{OR} 为 $400\mu m$ ，短脉冲输出功率 3W，微分效率约为 35—40%，在垂直于激光输出的面内发散角 Θ_1 为 2° 的激光器，其阈值电流密度 j_{thr} 为 $7.7kA/cm^2$ ，阈值电流 J_{thr} 为 7.0。通过纵向增益轴的，以及垂直于工作层的平面是垂直面（下面将设及）。水平面垂直于该垂直面。

本发明的目的是制作一种低电流密度阈值，增加微分效率，降低在垂直和水平面内输出辐射的象散和发散角，提高激光辐射的光谱特性，扩展激光辐射输出的方向范围，以及增加光学谐振腔的有效长度的激光器，它的总的结果是用一种简单的技术增加激光器（包括多光束激光器）的功率，效率，工作寿命和可靠性。

按照本发明，要获得所述的目的是基于，一种所提议的注入式激光器具有一激光器异质结构，该结构包含一工作层和包覆层，在层内可以形成增益区，还包含反射器，光学谐振腔，欧姆接触，以及在工作层的至少一侧上具有辐射入流区，该区的内表面邻近相应的包覆层；如果辐射入流区的折射率 n_{RIR} 超过由激光器异质结构与相邻的辐射入流区组成的有效折射率 n_{eff} ，尤其在 $\arccos(n_{eff}/n_{RIR})$ 大于 0 时，则辐射从工作层流出进入辐射入流区的条件被满足，同时，至少光学谐振腔的部分介质由部分入流区和部分增益区形成，并且至少光学腔的一个反射器它的辐射系数选在大于 0 至小于 1 的范围内，至少一个入流区对激光辐射是透过的并至少透过一部分，至少所形成的一个增益区由从工作层的出流辐射进入入流区的增益 $G_{outflow}$ (cm^{-1}) 表征，而入流区由一个引入的损耗因子 $\alpha_{RIR-thr}$ (cm^{-1}) 表征，选择增益 $G_{outflow}$ (cm^{-1}) 大于因子 $\alpha_{RIR-thr}$ (cm^{-1})，辐射从工作层流出进入辐射入流区的条件由下述关系式确定：

$$\arccos(n_{eff}/n_{RIR}) \leq \arccos(n_{eff-min}/n_{RIR})$$

式中， $n_{eff-min}$ 大于 n_{min} ，而 $n_{eff-min}$ 是 n_{eff} 的最小值，它不同于具有实际应用值的辐射入流区的多重激光异质结构的所有可能的 n_{eff} ，而 n_{min} 是异质结构包覆层内折射率的最小值。

所提出激光器的不同点是异常的和非显而易见的选择光学腔的介质，它包含使至少部分 RIR 和至少部分 GR 确保具有负光学反馈，至少设置一个光学腔的反射器，例如设置在一个 RIR 的小面上，该反射器其反射系数为大于 0 和小于 1。选择层的组分，厚度和层数以及在工作的激光器中异质结构和 RIR 的子层以确保定向的自发辐射从工作层（或 GR）流向其强度足以满足使所提议的光学腔产生激光的条件。对于任何激光器和所提议的减速器，该条件是使辐射增益超过损耗。在从工作层流出辐射进入 RIR 的增益 $G_{outflow}$ (cm^{-1}) 值超过阈值损耗因子 $\alpha_{RIR-thr}$ (cm^{-1}) 时，将实现得到激光器的产生激光的阈值条件，其特征是在激光阈值时所有辐射损耗在光学腔内。产生激光的阈值条件为：

$$G_{outflow-thr} = \alpha_{RIR-thr} = (\mu \cdot \alpha_{RIR}) + \alpha_{out} + \alpha_{diff} \quad (3)$$

其中， $G_{outflow-thr}$ (cm^{-1}) 是在激光阈值时的增益 $G_{outflow}$ 值， α_{RIR} 是在 RIR 内激光辐射的光学损耗因子（吸收，散射）， α_{out} 是净损耗因子，它

与光学腔的激光辐射输出有关，其等于：

$$\alpha_{\text{out}} = (2L_{\text{GR}})^{-1} \cdot \ln(R_1 \cdot R_2)^{-1} \quad (4)$$

其中， α_{diff} 是在光学的出光处激光辐射的衍射损耗系数，它等于：

$$\alpha_{\text{diff}} = (L_{\text{OR}})^{-1} \cdot \ln\{1 - (\lambda \cdot L_{\text{OR}} / n_{\text{RIR}} \cdot S_{\text{ref}})\} \quad (5)$$

其中， S_{ref} 是光学腔的反射器的面积， L_{OR} 是光学腔的长度，它等于 $(\mu \cdot L_{\text{GR}})$ (见等式 (1))，而 R_1 和 R_2 是光学腔的反射器的反射系数。

取决于激光器的具体实施，等式 (1) 的比例 μ 可以从 0.8—3.0。满足关系式 (3) 的通过激光器的电流密度是阈值电流密度 j_{thr} 。

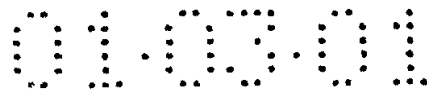
在所提议的激光器中，激光作用不出现在作为光学腔介质的增益区 GR 内，无论是在 D.F. Scifres et al. 的激光器 (U.S. Patent 4,063,189, 1977, H01S 3/19, 331/94.5H) 还是其它已知的激光器内。可以通过选择强出流的模实现激光输出，其中选择 G_{outflow} (cm^{-1}) 接近在 GR 内传播辐射的总增益 G_{GR} (cm^{-1})，或更确切地说，需要满足下述的条件：增益 ($G_{\text{GR}} - G_{\text{outflow}}$) 之间的差小于在 GR 内传播辐射的总损耗因子 $\alpha_{\text{GR-thr}}$ (cm^{-1})。而，对所提议的激光器最后选用强度出流模，因为这种选择将增加效率。除了从 GR 选择辐射的强度出流模外，所提议的激光器的其它区别是他们实现宽范围出流角 φ (式 (2)) 的出流辐射模，并具有相应的比率 $(n_{\text{eff}}/n_{\text{RIR}})$ 。建议由下式定义式中 φ_{max} 的出流角的上限：

$$\arccos(n_{\text{eff}}/n_{\text{RIR}}) \leq \arccos(n_{\text{eff-min}}/n_{\text{RIR}}) = \varphi_{\text{max}} \quad (6)$$

$$n_{\text{eff-min}} > n_{\text{min}} \quad (7)$$

其中， $n_{\text{eff-min}}$ 是 n_{eff} 的最小值，对于建议实际入流区的多个异质结构来说不是所有可能的 n_{eff} 值， n_{min} 是异质结构的包覆层内折射率的最小值。对于具有 GaAs 的 RIR 的并以 InGaAs/GaAs/AlGaAs 化合物为基础的异质结构进行计算，发射波长为 0.92—1.16 μm ，我们发现最大的出流角 φ_{max} 约为 30°。

所提议的具有上述主要功能的激光器不是显而易见的。它的非显而易见性是非寻常的应用在 GR 内纵向增益轴的角度方向的自发辐射，然后放大并在所提议的非标准的光学腔内产生激光作用。在这种谐振腔内激光的光路受到“弯曲”（“折射”），同时放大辐射；这里，使从 RIR 的



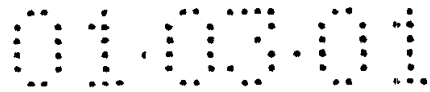
增益区出流辐射的角度 φ 等于从光学谐振腔的反射器反射并从 RIR 回到 GR 的激光（和自发的）光线的辐射入射角 ξ 。依据在光学系统中光线可逆的原理，利用上述光线传播的特性对所提议的激光器进行设计，也适用于由 RIR 聚集的多层激光器异质结构。

5 主要特性的集合将表述按照所提议激光器的独特的功能和优点。激光器的光学谐振腔内激光和相应模的产生过程通常是在激光光线于非均匀的和弱吸收体积内传播，并只有从 RIR 的小面反射的激光光线入射到异质结构（通常是不对称的）并在得到局部放大和全内反射之后出现。在已知的激光器中以基本上不同的方式形成激光辐射的相应模：在沿着
10 GR 内的整个传播光路出现放大时，模只是在由光学腔的端部反射器所限定的 GR 的薄层工作介电波导内出现。基于前述，所提议的激光器可以称为“具有谐振腔的注入式激光器（或二极管激光器）”。

前述的基本区别确定了所提议激光器的基本特点。其中可以降低阈值电流密度。这是由于如果存在净损耗等于由因子 α_{out} （式 4）所限定的
15 辐射输出，则由系数 $\mu \cdot \alpha_{RIR}$ （ cm^{-1} ）表征的均匀 RIR（可选择它的成分不同于异质结构的半导体层的组分）体积内的光学损耗可小于在多层增益区（因子 α_{GR} ）内的光学损耗，并将菲涅尔（Fresnel）数 N（等于 $\lambda \cdot L_{OR} / n_{RIR} \cdot S_{refl}$ ）选择大于 1，已知的衍射损耗小到可以忽略不计（见关系式（5），以及 A . Weitland and M . Dann, Introduction to Laser Physics [in
20 Russian] , Nauka Publishers, 1978, pp.102—118）。

在所提议的激光器中，存在两种减少阈值电流密度的可能性，它是
不仅与具有小出流角 φ 的阈值电流密度相比（D.R.Scifres et al., U.S.4,063,189,1977,H01S 3/19,331/94.5H），而且与具有量子尺度工作层的现代激光器的阈值电流密度相比，例如，在 S.S. Ou et al.所述的激光器中（Electronics Letters (1992), Vol.28, No.25, pp.2345—2346）。所述的
25 第一可能性涉及选择较大的出流角 φ （范围为 $0 < \varphi < \varphi_{max}$ ），它由关系式（2），（6）和（7）确定，并使光学辐射定位系数 Γ 增加，反之使阈值电流密度降低（见，e.g, T.M. CocK erill et al., Appl,phys.Lett. （1991），Vol. 59, pp.1694—1696）。

30 第二可能性涉及选择 RIR 的形状和它的侧光学面或小面的斜率，相



比于普通的激光器，几乎从激发激光过程开始全包含自发辐射。

在所提议的激光器中，也可以增加由下式得到的微分系数：

$$\eta_d = \eta_1 \cdot \eta_2 \quad (8)$$

其中， η_1 是从 GR 进入 RIR 的出射辐射的输出系数，它等于，

$$\eta_1 = G_{\text{outflow}} / (G_{\text{outflow}} + \alpha_{\text{GR-thr}}) \quad (9)$$

η_2 是激光辐射从 RIR 输出的系数，它等于，

$$\eta_2 = \alpha_{\text{out}} / (\alpha_{\text{out}} + (\mu \cdot \alpha_{\text{RIR}}) + \alpha_{\text{diff}}) \quad (10)$$

在关系式 (9) 中的因子 $\alpha_{\text{GR-thr}}$ 确定在 GR 中的总辐射损耗，它包含在 GR (因子 α_{GR}) 内的光辐射损耗和尤其是在 GR (因子 α_{face}) 的开始和终止时的辐射输出：

$$\alpha_{\text{GR-thr}} = \alpha_{\text{GR}} + \alpha_{\text{face}} \quad (11)$$

在选择增益 G_{outflow} 明显地大于 $\alpha_{\text{GR-thr}}$ 时，我们将得到系数 η_1 (见式 (9) 接近于 1，由 D.R. Scifres et al. (U.S. Patent 4,063,189, 1977)，可以通过增加激光的阈值电流来抑制增益 G_{outflow} 的增加。对于所提议的激光器，这种抑制不存在。如果 α_{out} 选择大于 $((\mu \cdot \alpha_{\text{RIR}}) + \alpha_{\text{diff}})$ ，可使效率 η_2 接近于 1 (见关系式)。我们将定义效率 η 为激光的总效率，而不考虑电阻的损耗，对此得到下述的关系：

$$\eta = \eta_D \cdot \eta_{\text{thr}}' \quad (12)$$

$$\text{这里, } \eta_{\text{thr}}' = (1 - J_{\text{Thr}} / J_{\text{Oper}}) \quad (13)$$

式中， J_{Oper} 通过激光器的工作电流密度，从关系式 (12) 和 (13) 可见，同时增加 η_1 和 η_2 (式 (8)) 和降低 J_{Thr} 将增加效率 η 。

在所提议的激光器中，激光辐射的空间和光谱特性也得到提高。这是由于光学谐振腔的设计是基本上在均匀的 RIR 体积 (或者部分体积中) 中，其内不存在不平衡的大量载流子的情况下产生激光辐射模的缘故。在一般的激光器中，注入载流子的浓度和光学增益将会影响辐射的波导模的折射率值，而该值将明显的决定注入激光器的空间和光谱特性的不稳定性 (M. Osinski et al., IEEE Journ. of Quant. Electronics, Vol. 23, 1987, pp.9-29)。在所提议的激光器中，上述的增益和注入过程受到分配，他们只出现在总光路长度的一个非常小的部分上。所以，对于具有明显比普通激光器大的带条式注入激光器来说，相对平行于激光器异质结构层

的方向内的横向折射率可以保持空间模中的激光模。因此，输出辐射的发散度不仅在垂直方向而且在水平方向均有明显的降低。我们将水平面定义为垂直于垂直面并位于输出面上的平面。在一般的情况下，我们将输出面定义为辐射输出的激光面。另外，可以在所提议的激光器内得到稳定产生的单频激光辐射（在较宽的电流范围内），或者称为“线性调频压缩效应“ chirp effect ”（ T.L.Koch and J.E.Bowers ,Electronics Letters, Vol.20,1984,pp.1038—1039），这种效应对于许多应用是不希望有的效应，而随着泵浦电流幅度的改变而产生的激光辐射的频率漂移均可明显地下降。

同样，所提议的激光器具有明显放大的特性。在 D.R.Scifres et al. (U.S.Pateht 4,063,189, 1977,H01S 3/19, 331/94.5 H) 中，为了消除不希望的损耗，必须使光学谐振腔的一个反射器具有反射涂层，并需要在 RIR 的扩展部分制作 RIR 的光学小面，而该小面具有消反射层。由于反射器是微米量级的，所以对它的制作很困难。由于对所提议的激光器实施强的出流模式 ($G_{\text{outflow}} \cong G_{\text{GR}}$)，同时由于在 GR 内不产生激光辐射，所以可使倾斜角 ψ 以及 RIR 的小面和相邻端面的反射系数相同的方式，在对输出特性没有明显影响的情况下有可能简化激光器的制作工艺。

本发明的目的也可依据至少由一个子层形成工作层，以及可将工作层实施为一个或几个工作层子层，即，包含互相由载流子子层分隔的具有量子尺寸厚度的子层来获得。

分别设置在工作层的第一表面和相对的第二表面上的包覆层各自由包覆子层 I_i 和 II_j 形成，其中， $I=1, 2, \dots, k=1, 2, \dots, m$ 为整数，它表示包覆子层的序列数，从工作层数起分别为 n_{Ii} 和 n_{IIj} ，带隙为 E_{Ii} 和 E_{IIj} ，至少在每个包覆层内有一个包覆子层。如果工作层由子层组成，包覆层通常由位于工作层的每侧上的两个或多个子层做成。对于工作层由厚度为约 50nm 或以上的一个子层组成的情况下，每个包覆层可以由一个子层组成。我们认为梯度层通常是（例如见[1]）与由将每个梯度层层合得到的 E_{Ii} 和 E_{IIj} 相应的包覆层的最后数目的子层。这里，通常包覆层的折射率小于工作子层的折射率。在选用上述方式的工作层和包覆层（对于特殊的异质结构）时，也有可能影响效率和阈值电流密度和确保必须

的 n_{eff} 值 (2), (6) 和 (7)。

在优选的实施例中, 使至少 RIR 的小面相对于垂直纵增益轴的称为垂直面的平面的一个倾角 ψ 的绝对值大于 0, 如果小面与对着的内表面构成锐角 (或者与工作层对着的, 由于输出表面与工作层互相平行, 所以原则上这两种情况相同), 则所述的倾角 ψ 为正值, 如果小面与对着的内表面构成钝角, 则所述的倾角 ψ 为负值。所引进的具有特定倾角 ψ 的倾斜小面有可能只使用简单的技术方案就能获得有效的的设计, 即具有负反馈的光学谐振腔, 以及不同方向的激光辐射输出。对于某些激光器的设计, 可将载流子区域引入异质结构中。载流子区域的引入有可能使激光器具有带状增益区 (即, 以带状宽度 W_{GR} 的形式), 这种区域对于展宽的以及多光束激光器具有小的注入电流损耗。

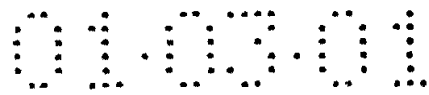
很自类, 为了消除电流损耗, 需使由沿着 GR 的纵向增益轴确定的 RIR 的内表面的长度 L_{RIR} 和 RIR 的宽度 W_{RIR} 分别至少为 GR 的长度 L_{GR} 和 W_{GR} 。

根据出流角 ψ , 长度 L_{GR} 和倾斜角, RIR 厚度 d_{RIR} 的选择可以在 $2\mu\text{m} - (\geq 50, 000\mu\text{m})$ 范围内改变。

由于实际上 RIR 是光学谐振腔的无源体积, 所以 RIR 的透过率是实现所提议激光器功能的必须条件。为了获得较高的激光器效率, RIR 必须由光学均匀的材料制成, 其内的光辐射损耗 (吸收和散射) 必须小于光学谐振腔输出的激光辐射的净损耗, 尤其是, 需满足条件 $\alpha_{\text{RIR}} \ll \alpha_{\text{out}}$, 或者,

$$\alpha_{\text{RIR}} \ll (2\mu \cdot L_{\text{GR}})^{-1} \cdot \ln (R_1 \cdot R_2) \quad (14)$$

如果 RIR 由半导体材料制成, 除了要求均匀性外, 还需满足关系式 (14), RIR 的带宽需 E_{RIR} 大于工作层的带宽 E_a , 由它确定激光辐射的波长。已知吸收损耗近似地呈指数下降, 它取决于 E_{RIR} 和 E_a 之间的差值 (H.C. Huang et al., Journ. Appl. Phys. (1990) Vol. 67, No. 3, pp. 1497—1503)。为了降低光学损耗因子 α_{RIR} (cm^{-1}), 并获得 (除了高的微分效率 η_d 和低的 j_{thr}) 本发明的目的之一, 即, 增加输出辐射的功率 (作为光学谐振腔有效长度增加的结果), 就需使 E_{RIR} 超过 E_a 至少为 0.09eV 。在这种情况下, 光学吸收损耗因子可以达到约为 $\leq 0.1\text{cm}^{-1}$ 。在通常情况下, RIR 不仅可用



半导体材料制成。重要的是材料的特性，尤其是折射率 n_{RIR} 及吸收和散射的光学损耗因子 α_{RIR} ，需满足要求 (2)，(6)，(7) 和 (14)。

为简化制作激光器的工艺，RIR 可以具有引入的基衬，在该基衬上生长异质结构；另外，该 RIR 可以制成导电性的，在这种情况下，在 RIR 5 的表面形成欧姆接触。

在 RIR 是非导电性的情况下，为了获得低值的 α_{RIR} (cm^{-1}) 和增加光学谐振腔的有效长度 L_{OR} 和生长辐射功率 P (W)，建议使接近异质结构的，厚度小于 W_{GR} (μm) 的部分 RIR 的体积是导电性的，而其余的体积由光学损耗因子小于 0.1 cm^{-1} 的材料制成。

10 下面，为了简单起见，我们将靠近异质结构和具有特定厚度的部分 RIR 体积称为 RIR 的第一层。而 RIR 的其余部分，即紧邻第一，第二和以后层的称为 RIR 的第二层。建议，将平行于它的内表面的部分 RIR 层用具有不同折射率的材料制成。在这种情况下，当上述的 RIR 各层的性能差别不仅是导电性方面，而且还有不同折射率时，可以控制 RIR 层内的出流角 φ (2) RIR 的厚度，从而也控制了它的各层。不难见到，在具有折射率为 $n_{\text{RIR}i}$ 的第 i 层内出流角 φ_i (这里 $i=2, 3, \dots, s$ 是整数)，折射率 $n_{\text{RIR}i}$ 等于 $\arccos(n_{\text{eff}} / n_{\text{RIR}i})$ (见关系式 (2))。所以，如果例如第一层的折射率 $n_{\text{RIR}1}$ 小于第二层的 $n_{\text{RIR}2}$ ，则第二层的厚度可小于第一层的厚度，反之亦然。降低厚度 d_{RIR} 可简化工艺，并降低制作 RIR 的成本。15 在两种情况下，使 RIR 的导电部分做成电接触，它的所需厚度不大于 GR 的宽度 W_{GR} 。

在 RIR 的光学损耗因子小于 0.1 cm^{-1} 的激光器中，可以取得在 RIR 内具有小的辐射损耗的大体积的工作层 GR (增加 L_{GR} 约 1cm)，从而得到大体积的输出辐射功率。

25 在具有微米量级宽度 W_{GR} 的激光器中，为了简化加工工艺，从 RIR 方向与一个导电包覆子层形成欧姆接触，该子层位于工作层和 RIR 之间，最好与具有最小带隙的导电子层接触。

对于那些设计成具有大的 LGR 值的激光器，不希望具有大的厚度 d_{RIR} (μm)。建议，至少一个包覆子层制成折射率大于 n_{RIR} 。这将增加 n_{eff} 值和 d_{RIR} 值，尤其相应地降低出流角 ψ (关系式 (2))。小的厚度可以节省30

RIR 的材料。

为了简化制作激光器的工艺，建议，使 GR 的端表面，至少是 GR 一侧上的端表面与 RIR 的相邻光学表面具有相同的倾角 ψ 和相同的反射系数。如前所述，在实践中这样做不会降低激光器的参数。

5 下面说明各种注入激光器的实施例。

提出将 RIR 的至少一个光学小面做成光学谐振腔的一个反射器，它的正倾角 ψ 等于出流角 φ ， $\varphi = \arccos(n_{\text{eff}} / n_{\text{RIR}})$ ，为能够使所提议的激光器在它的整个范围值 (2)，(6) 和 (7) 内具有出流角 φ 至 φ_{max} ，包含 φ 角值大于全内反射 σ 角值，并因此降低阈值电流密度，增加效率和功率，
10 减小垂直平面内的发散角，并在垂直入射到光学小面上时通过 RIR 的光学小面有效的输出激光辐射。

基于相同的目的，但是使激光辐射的输出垂直于工作层的平面，至少所形成的一个光学小面具有负倾角 ψ 等于 $(\pi/4) - (\varphi/2)$ ，并将至少部分 RIR 的外表面做成光学谐振腔的反射器的形式，并至少在靠近形成 RIR 的光学小面的表面上入射，或者至少所形成的 RIR 的一个光学小面具有正倾角 ψ 等于 $(\pi/4) + (\varphi/2)$ ，并将至少部分相反于 RIR 的激光器的表面做成光学谐振腔的反射器的形式，并至少在靠近形成 RIR 的光学小面的表面上入射。在第一种情况下，在整个 RIR 的输出表面上将出现辐射输出，而在第二种情况下，将在径向相反的方向上出现辐射输出。
15
20 出。

在许多其它的情况下，在所提议激光器的上述实施例中，RIR 的其它光学小面具有的倾角 ψ 等于 0。一个辐射涂层形成在 RIR 的上述光学小面上（在输出面上角 φ 小于全内反射角 σ ）。这将使一个通路上输出激光辐射，也使垂直面内的输出激光辐射的长度 L_{GR} 和发散角 Θ 下降。

25 为了提高激光器的空间和光谱特性，最好将激光器的至少一个反射器做成外反射器的形式。

如果角 φ 小于角 σ ，使用外反射器（在 RIR 的外部）就可能创立一种所提议的激光器，其中，RIR 的两个小面所对着的倾角 ψ 等于 0。这就简化了制作激光器的工艺，因为不需要制做倾斜的 RIR 小面。在这种情况下，负反馈利用由相应倾角的外反射器（或者反射器）产生。
30

可以制作光学腔的一个反射器，它或者位于外反射器上，或者位于 RIR 或异质结构的输出面上，以平面镜的形式，或者以柱面镜的形式，或者以球面镜的形式，或者以衍射光栅的形式形成。

所提议的激光器的实施例还可能是，通过更充分地利用激光激励过程中的自发辐射实现阈值电流的进一步下降（相应地增加效率 η ）。在多数情况下，这种下降是基于利用至少一个具有辐射出流区的引入的侧边光学小面相对垂直于工作层并通过纵向增益轴的垂直面构成倾角 β 获得，如果侧小面与内表面构成锐角，则所述的倾角 β 是正的，如果是钝角，则倾角 β 是负的。

获得较大的效果，在至少一个 RIR 的侧小面，并使所形成小面的正倾角 β 等于出流角 φ ，或者至少一个 RIR 的侧小面的负倾角 β 等于 $(\pi/4 - \varphi/2)$ ，并至少在部分 RIR 的外表面上具有反射层，至少部分投射在由 RIR 的侧小面所形成的面上，或者

至少一个 RIR 的侧小面的正倾角 β 等于 $(\pi/4 + \varphi/2)$ ，并至少与 RIR 相反的激光器的部分表面上具有反射层，至少部分投射在由 RIR 的侧小面所形成的面上。

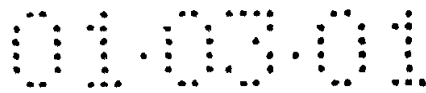
最大的效果在于角度阈值电流密度，近场辐射的异常形式，即以发光环的形式，或者部分发光环的形式，可以在所提议的激光器中获得，其中，RIR 至少形成一种截尾的直角圆锥，它的一个对比是内表面，光学谐振腔的反射器设置在至少部分输出表面上。此时，如果反射涂层涂在至少部分输出面上，则可使近场辐射的尺寸下降。

如果圆锥侧面的母线与它的内表面构成的倾角 γ 选为 $(\pi/2 - \varphi)$ ，则输出的激光辐射与工作层的平面成 φ 角倾斜。

如果圆锥侧面的母线与它的内表面构成的倾角 γ 选为 $(3\pi/4 - \varphi/2)$ ，则输出的激光辐射将垂直于工作层的平面通过 RIR 的外表面出射。

如果圆锥侧面的母线与它的内表面构成的倾角 γ 选为 $(\pi/4 - \varphi/2)$ ，则输出的激光辐射将垂直于工作层的平面，但以相反的方向出射。

注意，在实践中 (I.I. Bronshtein and K.A. Semendyayev, Handbook of Mathematics[in Russia], p.170, 1953) 测量两个半平面（小面和内表面）之间形成的倾角 ψ 和 β 作为在两个半平面内从他们相交线上的一点所画的



两条母线之间的角度。如果 RIR 是由截尾直角圆锥构成，则测量由圆锥的母线和在内表面上从它与母线相交点所画的垂线之间的倾角 γ 。这里，从内表面计算角度。测量倾角 ψ ， β 和 γ 的精度由发散度 $\Delta\phi$ 的色散确定（发散度的衍射角可以忽略，因为它与角度 $\Delta\phi$ 相比非常小），而 $\Delta\phi$ 由出流角 ϕ 作为波长 λ 的函数展开确定，对于自发辐射它在整个光谱波段内改变。在 $\Delta\lambda$ 范围内，对于已知 n_{eff} 和 n_{RIR} 与 λ 关系的情况下，我们可以利用关系式（2）通过数字计算确定角度 $\Delta\phi$ 。计算表明，对于最常使用的 $\Delta\lambda$ 为 20—50nm 的异质结构， $\Delta\phi$ 在 $0.5^\circ - 1.5^\circ$ 范围内。

所提议激光器的实施例的设计包含两个或多个增益区。

10 一种多光束激光器的实施例的特色是，在至少一个 RIR 的内表面上形成具有相同出流角 ϕ 的至少两个增益区。通常具有矩形形状的增益区以规定的周期设置，所述的增益区包含在两个相互垂直的方向上。在许多情况下，从与 RIR 的位置相反的方向做成与每个 GR 的独立欧姆接触。这样一种利用 RIR 输出反射器的激光器将具有多重激光束，包含在空间互相分离的激光束，并且激光器可以由操作电流独立控制。

在多光束的其它实施例中，多重性的激光束形成二维矩阵，其中，每个激光束由操作电流独立控制。在激光器中，由至少二序列的 GR 形成增益区，每个增益区至少设置二个 GR，使每个序列中的增益轴相互平行，并对于工作层与适用每个 GR 序列的公共 RIR 的小面的扩展面的相截线成直角定位。另外，从 RIR 的方向，在至少部分上述的公共 RIR 的外表面上将他们制成带状的欧姆接触和金属化层，对每个上述序列的 GR，至少有一个金属化层。从 RIR 的相反的位置方向，金属化层以带状形式制成独立的欧姆接触，带之间是相互绝缘的，并且平行于 GR 的增益轴。

25 下一个具有几个 GR 的激光器实施例的特色是，他们被依次连接成一个整体的光学谐振腔。在这种情况下，所述的 GR 沿着至少平行于 GR 的纵向增益轴的轴线上形成；GR 的起端之间的间距选为 $2d_{\text{RIR}}/\tan\phi$ ，而外表面做成光学反射的，并至少以出流角 ϕ 投射到靠近增益区的表面上。也可以形成在相反的表面，对于至少具有相同出流角 ϕ 的 GR，RIR 沿着互相平行的并沿着 GR 的纵向增益轴的两条线形成；这里，在 RIR 的

相反侧上 GR 的起端之间的最短距离选为 $dRIR/\sin\varphi$ 。这些改变有可能在降低 RIR 的厚度的同时增加输出功率，并改善去热条件。

提议，在具有一个或者多个增益区的激光器中，使增益区或至少两个相邻的 GR 均对 RIR 体积的非导电部分形成电绝缘，利用金属化层使上述增益区的欧姆接触形成电连接。这就有可能增加所供电压的值，并使所提议的激光器对电源实现有效的匹配。

本发明的实质是光学谐振腔的原始设计，腔的介质的体积（整体）不仅包含工作层（有源层），还包含具有强输出辐射的增益区的体积，以及辐射出流区的被动体积，他们由构成的组分，厚度，激光异质结构的层数，辐射出流区和它的光学小面的结构，欧姆接触和金属化层形成。所述的设计有可能对形成激光辐射模的区域，注入区域以及非平衡载流子的受激复合的区域进行界定。

按照确定激光器主要特点的要求，集合所提议激光器的基本特性。他们包括降低阈值电流密度，增加效率（包含微分效率），改善象散，对于两个互相垂直的输出辐射的方向产生，接近于衍射角的小的发散角，还包含增加单模激光的稳定性，明显降低产生激光辐射的波长对泵浦电流幅度的依赖关系，以及由所提议激光器的主要表征的增加光学谐振腔的有效长度和辐射输出功率的能力——传统的介电波导在工作层之内作为产生界定波导模式的激光介质内注入。所提议激光器的其它特性是能够获得不同方向的激光辐射，包括垂直于工作层平面的方向，以及增加使用寿命，操作的可靠性，以及高的生产率。具有多重增益区的所提议激光器的优点，除了前面提到的以外，还有对它的整体制造工艺。

本发明的技术实施是基于目前在激光器制造中已得到发展并广泛使用的基本生产过程。激光器的辐射波长范围已从红外扩展到紫外。根据波长的需要，对于不同的波段范围使用相应的异质结构。例如，基于在 AlGaInP/GaN/GaInN 系统以及在 ZnCdSSe/GaAs 系统内的半导体化合物的异质结构对于紫外，兰和绿的辐射（ $0.36\mu\text{m} < \lambda < 0.58\mu\text{m}$ ）最有效；在 AlGaInP/GaAs 系统的化合物对于红和黄的辐射（ $0.58\mu\text{m} < \lambda < 0.69\mu\text{m}$ ）最有效；在 AlGaAs/GaAs 系统和 In GaAs/GaAs/AlGaAs 系统的化合物对于红外辐射（ $0.77\mu\text{m} < \lambda < 1.2\mu\text{m}$ ）最有效；在 GaInAsP/InP 系统的化合

物对于红外辐射 ($1.2\mu\text{m} < \lambda < 2.0\mu\text{m}$) 最有效; 在 AlGaInSbAs/GaAs 系统的化合物对于红外辐射 ($2.0\mu\text{m} < \lambda < 4.0\mu\text{m}$) 最有效。在上述的每个范围内, 依据使用波长 λ 和所选择的异质结构, 必须选择使 RIR 的材料满足条件 (2), (6), (7) 和 (14)。我们建议: GaN 用于 AlGaN/ GaN 系
 5 统; ZnSe 用于 ZnCdSSe/GaAs 系统; GaP 用于 AlGaInP/GaAs 系统; GaP 用于 AlGaAs/GaAs 系统; GaAs 和 GaP 用于 InGaAs/GaAs/AlGaAs 系统; Si 和 GaAs 用于 GaInAsP/InP 系统; Si 和 GaAs 用于 AlGaInSbAs/GaAs 系统。这些建议可以由最新研制的“平面附着技术”得到成功的实施 (例如, H.Wada et al., IEEE Photon. Technol. Lett., Vol.8, p.173(1996))。本发明
 10 提议的有效注入激光器的设计至少适用于所有的上述激光辐射的范围和异质结构系统。

将从图 1—26 理解本发明。

图 1—7 是以沿伸相应小面的平面的形式制做的具有 GR 端面的所提议激光器的不同设计的纵向 (沿着 GR 的光学增益轴方向) 截面视图,
 15 尤其是, 该激光器具有单路的激光输出,

在图 1—3 中, 具有 RIR 的小面, 他们用做光学谐振腔的反射器,

在图 1 中, 具有倾斜的小面, 正倾角 ψ 等于 φ ,

在图 2 中, 具有以平面镜形式的外反射器, 对着一个倾斜的小面,

在图 3 中, 具有一个小面, 其倾斜角 ψ 等于 0;

20 在图 4—7 中, 具有 RIR 的部分外表面, 他们作为谐振腔的反射器,

在图 4 中, 具有两个倾斜的 RIR 小面, 其负倾角 ψ 等于 $(\pi/4 - \varphi/2)$,

在图 5 中, 具有以衍射光栅形式的外反射器, 对着一个倾斜的小面,

在图 6 中, 具有其它的小面, 其倾斜角 ψ 等于 0;

25 在图 7 中, 具有一个以正倾角倾斜的 RIR 小面, 和以负倾角倾斜的另一小面。

图 8—9 是具有用作光学谐振腔的反射器的异质结构的部分外表面的设计的纵向截面视图,

在图 8 中, 具有两个倾斜的小面, 其倾角 ψ 等于 $(\pi/4 + \varphi/2)$,

30 在图 9 中, 具有一个倾斜的小面, 其倾角 ψ 等于 $(\pi/4 + \varphi/2)$, 而另一个的倾角 ψ 等于 0。

在图 10 中，表示具有倾角等于 0 的两个小面，而外倾斜反射器以平面镜的形式所提议激光器设计的纵向截面视图。

图 11—13 是依据 RIR 设置方向实施不同欧姆接触的所提议激光器设计的横向截面视图：

- 5 在图 11 中，表示在 RIR 的外表面上，
 在图 12 中，表示在相邻 RIR 的包覆层的导电子层上，
 在图 13 中，表示在相邻异质结构的 RIR 的部分导电层上。

图 14—15 表示具有六个串—并电连接的 GR 和一个 RIR 的所提议激光器的纵向和横向截面的示意图。

- 10 图 16—18 表示纵向截面（图 14）的示意图，而图 19 表示具有多个 GR 独立电控的，依据具有对三个不同次序的 GR 分隔 RIR 的横向示意图，

在图 16 中表示具有正倾角的两个倾斜的 RIR 小面（见图 19），其激光辐射的输出方向垂直于工作层的平面，

- 15 在图 17 中表示具有正倾角的一个光学谐振腔的倾斜小面，以及具有负倾角的第二倾斜小面（见图 8），其激光辐射的输出方向垂直于工作层的平面；

在图 18 中表示具有正倾角（见图 1）的二个 RIR 的倾斜小面，其激光辐射的输出方向与工作层的平面形成 φ 角。

- 20 图 20—21 表示具有串联电连接的并沿着它的自身增益轴设置的 GR 和间隔 RIR 的所提议激光器的纵向截面示意图，

在图 20 中，在 RIR 的一个表面上设置三个 GR，

在图 21 中，在 RIR 的两个相反的表面设置四个 GR。

- 25 图 22 表示用于具有正倾角 $\beta = \varphi$ 的两层 RIR 的，由两个倾斜的侧面光学小面构成的具有两层 RIR 的激光器（在图 1—10 的纵向截面）设计的横截面示意图。

图 23—26 表示对于激光器的 RIR 采用截尾直角圆锥的在对称平面内的截面视图（图 23 和 25）以及顶视图（图 24 和 26）其中圆锥侧面的母线与锥底（即，内表面）的倾角 γ 对于：

- 30 在图 23 和 24 中为 $(3\pi/2 - \varphi/2)$ ，

在图 25 和 26 中为 $(\pi/2-\varphi)$ 。

下面，参见附图和实施例对本发明进行说明。辐射体设计的引用例不是单一的，还存在其它的实施方式，他们的特性反映在权利要求的整体特征中。

5 所提议的激光器 1（见图 1 和 11）包括异质结构 2，该结构包含分别设置在两个包覆层 4 和 5 之间的工作层 3，具有子层 I_i 和 II_j （未图示）。工作层 3 由两个工作子层和一个分隔子层的阻挡层组成（未图示）。 L_{GR} 的长度为 $4000\mu\text{m}$ 。光学谐振腔的长度 L_{OR} 为 $3760\mu\text{m}$ （见关系式（1）），比例 μ （关系式（1））等于 0.9397。带状形式（或者台面条形）的由阻挡层 6 邻接在侧面上的宽度 W_{OR} 是 $400\mu\text{m}$ 。激光晶体的总宽度是 $1000\mu\text{m}$ 。半导体 RIR7 由小面 8 和 9 连接在端面，这些小面用作光学谐振腔的反射器，半导体位于包覆层 5 的子层 II_m 的表面上，该表面距工作层 3 有一距离。RIR7 用作为基片 10，并对基片赋予所需的形状。RIR 的两个倾斜的小面—第一小面 8 和第二小面 9 其正倾角 ψ 等于出流角 φ ，
10 为 20° 。由垂直于 GR 内的纵向增益轴的平面计算该角度。如果倾角 ψ 是正的，小面 8 和 9 与工作层 3 构成锐角。具有反射系数 R1 为 0.999 的反射层 11 形成在第一小面上，而反射系数为 0.01 的部分反射层 12 形成在第二小面上。确定增益区长度 L_{GR} 的端面 13 是倾斜小面 8 和 9 的相应端面扩展，并具有与小面 8 和 9 相同的倾斜和相同的反射系数。这就简化了加工工艺。这种简化对于激光器 1 的参数不具有实际的效果，因为在所提议的激光器 1 内实现的是强激光输出。实际上没有激光辐射通过端面 13。小面倾斜的精度保持在 $17.6^\circ-18.4^\circ$ 的范围内。RIR7 的厚度 d_{RIR} 需满足下述关系式，

$$d_{RIR} \geq (L_{RIR} \cdot \tan \varphi / (1 + \tan^2 \varphi)) \quad (15)$$

25 $d_{RIR}=1,286\mu\text{m}$ ，在包覆层 5 的 I_k 的表面设置接触层 14，并在其上形成欧姆接触 15。在 RIR7 的相反侧上，以及在 RIR7 的外表面 17（在这种情况下，是在基片 10 的表面上）上做成欧姆接触。内表面 18 接近于异质结构 2，平行于工作层 3 的平面。

30 由多个半导体层和子层 19-27 组成的异质结构 2 与接触层一起采用从导电砷化镓在基片 10 上 MOS-混合外延的方法生长。异质结构 2，

接触层 14 和 RIR7 的层 19—27 的组分, 厚度, 折射率, 类型, 掺杂浓度和吸收系数列在表中。异质结构 2 也使用在下述的实施例中 (对于各个实施例具有特定的改变)。对于该异质结构 2 的辐射波长是 980nm。在图 1 以及相继的图 2—10, 14, 16—18, 20—23, 和 25 中, 用箭头表示激光辐射在 RIR7 和其外辐射的方向。激光器 1 安装在具有侧面欧姆接触 15 的导热厚片上 (未图示)。将所需的功率加到欧姆接触 15 和 16 上。

上述激光器 1 和随后改进激光器的基本参数可以依据作为矩阵方法 (J. Chilwall and I. Hodkinson, Journ. Opt. Soc. Amer., A (1984), Vol.1, No.7, pp.742—753) 基础的专用程序通过数字模拟得到, 该方法是利用多层激光器异质结构中相应的边界条件解 Maxwell 方程。计算使用下述的初始参数: 在工作层 3 内需要获得转换的材料增益是 200cm^{-1} , 在工作层内增益和注入电子浓度之间的比例因子是 $5 \times 10^{-16} \text{cm}^2$, 在工作层内非平衡电子的寿命是 1ns。

同样计算假设: 在 GR 内光学损耗因子 α_{GR} 是 3cm^{-1} (见 D. Z. Garbuzov et al., IEEE Journ. Of Quant. Electr. (1997), Vol.33, No.12, pp.2266-2276), 以及例如按照 H.C. Huang et al. (Lourn. Appl. Phys. (1990), Vol.67, No.3, pp.1497-1503) 所述。激光辐射在 RIR7 内的光学损耗因子是 0.1cm^{-1} 。在计算中不考虑通过增益区的表面 13 的自发辐射输出的损耗, 这是因为该值很小, 所以 $\alpha_{\text{GR-thr}}$ (关系式(11)) 是 3cm^{-1} 。所用参数的值适用所述典型的 InGaAs/GaAs/AlGaAs 激光器的异质结构 2。如果采用其它化合物的异质结构 2, 例如 GaInPAs/InP, 这些参数将相应的改变。由数字计算获得下面的结果:

- 阈值电流密度 J_{thr} 是 $89.3\text{A}/\text{cm}^2$ (对该电流密度需满足式 (3));
- 出流角 φ 是 20° ;
- 出流自发辐射的发散的色散角 $\Delta\varphi$ (用于计算的 $\Delta\lambda$ 是 30nm) 是 0.8° ;
- 有效的折射率 n_{eff} 是 3.3124;
- 总增益 G_{GR} 和出流辐射的增益 G_{outflow} 分别是 320.80cm^{-1} 和 320.03cm^{-1} ; 而 $(G_{\text{GR}} - G_{\text{outflow}})$ 的差是 0.73cm^{-1} , 小于 $G_{\text{GR-thr}}$ ($= 3 \text{cm}^{-1}$) (式(11)), 这表明选择了强出流模式, 在 GR 内不出现激

光作用（见 page 5）；

- 从 RIR7 输出激光辐射的净损耗 α_{out} 是 11.515cm^{-1} ；
- 定义为 $\mu \cdot \alpha_{RIR}$ 的光学损耗因子是 0.09397cm^{-1} ；
- 在 RIR7 内，定义为和值（ $\alpha_{out} + (\mu \cdot \cos\phi) + \alpha_{diff}$ ）的阈值损耗因子 α_{GR-thr} （式(3)）等于 11.609, 而由式(5)计算的 α_{diff} 小到可忽略不计；
- 增益区的面积 S_{GR} 是 $1.6 \times 10^{-2}\text{cm}^2$ ；
- 定义为（ $j_{thr} \cdot S_{GR}$ ）的阈值电流 J_{thr} 是 0.8A；
- 微分效率是 η_d 是 10.9827(式(8))，它的分量 η_1 (式 9)和 η_2 (式 10)分别是 0.9907 和 0.9919；
- 对于 2,500A 的 j_{oper} 的阈值损耗因子 η_{thr} （式 13）是 0.9643, 激光器 1 的效率（式 12）是 0.9476。

激光辐射输出的功率 P(W)由下式确定：

$$P = \eta \cdot J \cdot (hv) \quad (16)$$

15 式中，J 是通过装置的工作电流，等于 40A，(hv) 是光子能量，等于 1.265V。P 值是 47.95W。辐射的近场面积（输出孔径） S_{ap} ，定义为（ $d_{ap} \cdot W_{GR}$ ），等于 $0.51 \times 10^{-2}\text{cm}^2$ ，其中， d_{ap} 等于 $L_{GR} \cdot \sin\phi$ ，等于 $1,368\mu\text{m}$ ， W_{GR} 是 $400\mu\text{m}$ ，输出辐射的发散角 Θ_1 和 Θ_2 分别由 λ/d_{ap} 以及 λ/W_{GR} 估算。在保持单模激光的电流范围内，在垂直平面内， Θ_1 是 0.72mrad，在水平平面内， Θ_2 是 2.45 mrad。在输出小面 9 上激光辐射的输出定义为 P/S_{ap} ，是 9402W/cm^2 。

25 激光器 1 的其它实施例与第一实施例不同之点是，在小面 8 上施加消反射膜 28，而外反射器 29 采用大小为 2, 500×2, 500 μm^2 的平面反射镜，其反射系数为 0.999，平行于小面 8，并相距 10, 000 μm 。宽度 W_{GR} 是 1, 368 μm ，激光晶体的总宽度是 3, 000 μm 。该实施例中，激光器 1 的基本参数不同于第一实施例的地方是： S_{GR} ， J_{thr} ， J_{oper} ，P（式 16），以及 S_{ap} 分别等于 $5.47 \times 10^{-2}\text{cm}^2$ ，1.43A，136.75 A，163.9W，和 $1.87 \times 10^{-2}\text{cm}^2$ ，而 Θ_1 和 Θ_2 相等，等于 0.72mrad。

30 激光器 1（见 pages10 和 11）和前述的激光器之间的不同是，RIR7 的小面 8 获得倾角 ψ 为 0。随着异质结构 2（见表）的层 21 和 25 的厚度

的增加，出流角 φ 减小到 12° ，小于角度 σ 。这里，调节用于提供负反馈的相对垂直面具有倾角为 42.2° 的外反射器 29 的平面，使 $\Delta\varphi$ 为 1.4° 。由于一个反射器具有反射层 11，反射率为 0.999，而另一个反射器具有涂层 12，反射率为 0.05，所以激光器 1 具有单向辐射输出。除了具有已知的外腔激光器所固有的特点外（尤其，提高空间和光谱特性），其它的特点是简化加工工艺。

下一个激光器的实施例（见图 4 和 11）不同于第一实施例的之处是，RIR7 的小面 8 和 9 其负倾角 ψ 等于 $(\pi/4 - \varphi/2)$ ，最好等于 35° 。长度 L_{RIR} 是 $1,000\mu\text{m}$ ，宽度 W_{GR} 选为 $340\mu\text{m}$ 。RIR7 的厚度 d_{RIR} 为 $500\mu\text{m}$ ，它的长度 L_{oRIR} 为 $1,700\mu\text{m}$ 。在靠近小面 8 的投射外表面上形成的反射层 11 的反射系数 R1 为 0.999，而在靠近小面 9 形成的部分反射层 12 的反射系数 R2 为 0.02。光学谐振腔的长度 L_{OR} 定义为 $\mu \cdot L_{GR}$ （式 1），为 $1,940\mu\text{m}$ ，比例 $\mu=1.94$ 。从激光器 1 的实施例获得下面的参数：

- 阈值电流密度 J_{thr} 为 $42\text{A}/\text{cm}^2$;
- 损耗因子 α_{out} 和 $\mu \cdot \alpha_{RIR}$ 分别为 3.913 cm^{-1} 和 0.194 cm^{-1} ;
- 从式 (5) 计算的 α_{out} 小到可以忽略，而 $\alpha_{RIR-thr}$ (式 3) 是 4.107cm^{-1} ;
- 效率 $\eta_1, \eta_2, \eta_d, \eta_{thr}$ 和 η 分别是 0.9907, 0.958, 0.9439, 0.9832, 和 0.9280;
- 对于 S_{GR} 为 $0.34 \times 10^{-2} \text{ cm}^2$ ，阈值电流 J_{thr} 是 0.143A ;
- 光子电流 J_{orer} 是 8.5A ，在单模条件下，激光器 1 的输出功率 P 是 9.98W ，而发散角 Θ_1 和 Θ_2 相等，等于 2.8mrad （毫弧度）。

图 5 和 11 所示激光器 1 与先前所述激光器的不同点是，光学谐振腔的一个反射器是外反射器 29，并作为一个反射的衍射光栅使用。这就可能取得一个单频的激光操作。

在图 8 和 11 所示激光器 1 的实施例其不同点在于，两个小面 8 和 9 的倾角 ψ 等于 $(\pi/4 + \varphi/2)$ ，尤其为 55° ，在异质结构方向内，输出辐射垂直入射到工作层的平面上。宽度为 $15.3\mu\text{m}$ ，长度为 $45\mu\text{m}$ 的 GR 设置在内表面 18 的中间，它的宽度为 W_{IRIR} 为 $25\mu\text{m}$ ，长度 L_{IRIR} 为 $135\mu\text{m}$ 。反射系数分别为 0.999 和 0.90 的涂层 11 和 12 涂到接近投射小面 8 和 9 的内表面上。在内表面 18 的区域区域上形成阻挡区 6，该区没有异质结构 2 和涂层 11 和 12。RIR 的弧度是 $23\mu\text{m}$ ，外表面 17 的长度是 $73,8\mu\text{m}$ ，

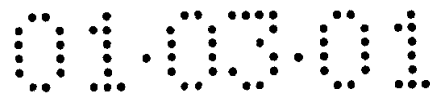
光学谐振腔的长度 L_{OR} 长度是 $129\mu\text{m}$ 。上述的设计改变决定下述的参数：
 j_{thr} 是 $125\text{A}/\text{cm}^2$, α_{out} , α_{diff} , μ , 和 $(\mu \cdot \alpha_{RIR})$ 分别是 11.7cm^{-1} , 4.22cm^{-1} , 2.86cm^{-1} , 0.286cm^{-1} , 因此 α_{GR-thr} 是 16.2cm^{-1} 。阈值电流 J 是 0.861mA , 工作电
 5 流 J_{oper} 选为 13.8mA , 激光辐射的输出功率 P (式 16) 是 11.66mW , 而 ηd (式
 8) 是 0.7139 , η (式 12) 是 0.6693 。激光器 1 以单纵模产生, 它的波长实际
 上在很宽的范围内不受泵浦电流的影响, 发散角 Θ_1 和 Θ_2 相同并等于
 6.4mrad (0.37°)。该实施例可以与现今广泛研究的具有垂直谐振腔的激
 光器 (B.Weigl et al., Electronics Letters, Vol.32, No.19, pp.1784-1786, 1966)
 进行竞争, 除了 (图 4 和图 6-9) 所示的之外。

10 在图 7 和图 11 所示激光器 1 的实施例不同于上述的三种, 它的小
 面 8 标号不同, 但是倾角 ψ 的绝对值相同, 是 30° 。这就有可能获得垂直
 入射到工作层 3 的面上的输出辐射, 但是比例值 μ (式 1) 小于先前实施
 例的。

在图 3, 图 6, 和图 9 中激光器 1 的实施例的共同点是, $RIR7$ 的小
 15 面 8 其倾角 ψ 为 0 。按照图 1, 图 4 和图 8 中激光器 1 的实施例 (长度保
 持相同) 他们将使辐射输出孔径的线性尺寸加倍, 因此相应的在垂直面
 内降低发散角 Θ_1 。

在图 1-10 的激光器实施例中, 确定 GR 尺寸的台面型带条 30 可以
 利用阻挡区 6 (见图 11-13) 做成一定的宽度。对于激光器 1 其台面型
 20 带条 30 的宽度为微米大小, 因此例如可以做成与包覆层 5 的子层形成
 欧姆接触, 如图 12 所示。在这种情况下, $RIR7$ 可以成为一个绝缘区,
 它有助于使 $RIR7$ 具有小的系数 α_{RIR} 。如果存在一个由第一导电层 31 和
 第二绝缘层 32 组成的两层的 $RIR7$, 则与第一层 31 形成欧姆接触 (图 13)。
 在这种情况下, 如果对 $RIR7$ 层选择合适的折射率, 则 $RIR7$ 的第二层 32
 25 不仅可以是绝缘层, 而且可以是一层组分不同于第一层 31 的层, 并有
 助于对层 32 的选择小的 α_{RIR2} 值和相应的厚度 d_{RIR2} 。

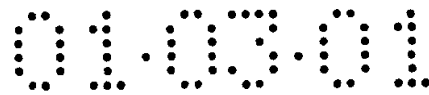
在上述 (图 1-10) 所考虑的激光器实施例中, 如果 $RIR7$ 的侧小
 面 33 做成倾斜, 并其上涂有反射层, 则可以进一步降低阈值电流 j_{thr} 。
 图 22 表示具有最需倾角 β 的激光器 1 的横截面, 该倾角是正的, 并等于
 30 ϕ 。 j_{thr} 的降低是基于, 在辐射直接射到倾斜的小面 33 上后, 窄向自发输



出辐射中的主要部分将从侧小面反射，在回到 GR（几乎全部，除了小部分在 RIR 内吸收外）后，将增加以出流角 φ 射到光学小面 8 和 9（见图 10）的受激辐射。为产生最大的效果，应将倾角 β 设定在 $(\beta - \Delta\varphi / 2)$ 到 $(\beta + \Delta\varphi / 2)$ 范围内。这些实施例（图 22，图 1-10，和 13）的其它特点5 是两层由 GaAs 构成的 RIR7，它由导电的第一层 31 和第二层 32 组成。与第一层 31 形成欧姆接触。利用稍有掺杂的 GaAs 制成的较高透明度的层 32 来降低激光辐射在 RIR7 内的损耗。

图 23-26 表示激光器 1 的实施例，其中，与前面所述的激光器相反，RIR7 为一个截尾直角圆锥。在这些实施例中，通过 RIR7 的对称轴10 的在任何垂直面内的自发窄向辐射，以 φ 角从 GR 出射，并以直角入射到输出面上，几乎产生受激辐射的最大的可能效率。一旦超过激光阈值，辐射的空间模（或者多个空间模）的空间和光谱特性得到提高。这些激光器 1 的实施例的最大的能量特性（低的 i_{thr} ，高的效率 η 和辐射功率 P）（式 16）是由于电流转换成自发的窄向辐射的高效率，以及激光辐射与15 自发辐射的空间模最大一致的结果。对于图 23，24 中的激光器 1 的实施例，RIR7 是一个单层区，侧面的母线与锥形的 RIR7 的内表面 18 形成的倾角 γ 等于 $(3\pi / 4 - \varphi / 2)$ ，尤其是 125° ，since φ 等于 20° 。注意，在锥形 RIR7 的情况下，从内表面 18 的方向计算角度 γ ，；所以角度 γ 总是相同的符号，即，投射正的。因为包覆层 5 的厚度小，所以 GR 的圆直径（或者工作层的）实际上等于内表面 18 的直径—圆锥的底部的直径。20 在光学谐振腔内提高负反馈的部分反射涂层 12 沿着它的圆周涂在外表面 17 上。具有衍射发散度的高度方向性的激光辐射在垂直于工作层 3 的方向通过 RIR7 的外表面出射。

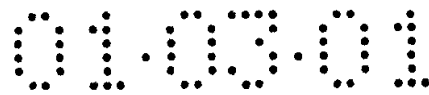
图 25 和图 26 所示激光器 1 的实施例之间的区别是，圆锥的侧表面25 34 是光学谐振腔的反射器，而 RIR7 是两层表面。第一层 31 是由导电的 GaAs 制成，第二层是由微量掺杂的 P-型 GaP 制成，第一层具有欧姆接触。具有反射系数为 0.32 的侧表面 34 没有涂层 12。阻挡区 6 引入到由 GR 的形状确定的异质结构内，该形状是圆形的并与 RIR7 的第二层的基面共轴。使 GR 的直径小于邻近 GR 的 RIR7 的第二层 32 的基面的30 直径，这将可能消除由于 RIR7 的有限厚度层 31 所引起 GR 内不希望的



载流子损耗。改变异质结构 2 的包覆层和子层的组分使激光器 1 的有效折射率成为 3.1475。改变第一层 31 的角度 φ (式 2) 成为 26.75° ，而第二层 32 的角度 φ_2 成为 5° 。在 RIR7 的第二层 32 内圆锥的侧表面 34 的母线的倾角 γ_2 等于 $(\pi/2-\varphi)$ ，尤其为 85° 。在图 25 和 26 所示激光器的
5 实施例中，由于 GaP 等于波长 $\lambda=0.98\mu\text{m}$ (带隙 E_{RIR} 超过 E_a 约 1.0eV) 的高透过率，而使 RIR7 内的激光辐射的光学损耗降低，从而在 RIR7 内的激光辐射的光学损耗降低，另外，由于层 32 内的角度 φ_2 的降低，可使 RIR7 的厚度下降，而由于层 31 内的掺杂增加，将使激光器 1 的电阻下降。对于激光器 1 的该实施例，通过圆锥的侧表面 34 在与工作层 3
10 的平面成 5° 的方向出射高指向的激光辐射。注意，也可以在 (图 1-10) 所示的激光器 1 的其它实施例中采用类似的双层 RIRs7。

激光器 1 (见图 14-21) 的实施例不同于前述实施例之处在于，他们的设计包含两个或者多个增益区。多光束激光器 1 (图 14 和 15) 的特征是
15 将由工作电流依次平行耦合的 $32\times 30\text{GRs}$ 设置在 RIR7 的内表面 18 上。每个 GR 的长度和宽度分别是 290 和 $85\mu\text{m}$ 。他们以矩形光栅的形式设置，光栅沿着和跨越 RIR7 的长度 L_{IRIR} 的空间分别是 300 和 $100\mu\text{m}$ 。RIR7 的内表面 18 的长度 L_{IRIR} 和宽度 W_{IRIR} 分别是 $9,000$ 和 $3,000\mu\text{m}$ ，RIR7 的厚度是 $3,214\mu\text{m}$ ，光学谐振腔的长度 L_{OR} 是 $10,216\mu\text{m}$ ，在小面 8 和 9 上涂层 11 和 12 的反射系数分别是 0.999 和 0.32 。对于每个 GR
20 激光束的基本参数是： j_{thr} ， α_{out} ， μ ，和 $(\mu\cdot\alpha_{\text{RIR}})$ ，他们分别是， $182\text{A}/\text{cm}^2$ ， 19.95cm^{-1} ， 35.2 和 3.52cm^{-1} ，而 $\alpha_{\text{RIR-thr}}$ 是 23.47cm^{-1} ；阈值电流 J_{thr} 是 43.7mA ，工作电流 J_{oper} 选为 600mA ，结果单模辐射的输出功率 P (式(16) 是 592.6mW ； η_d (式 8) 是 0.8421 ，和 η (式 12) 是 0.7808 ，发散角 Θ_1 和 Θ_2 分别是 9.0 和 8.28mrad 。

25 将 30 个 GR 位于光栅的 32 行的每行内，将光栅跨越 RIR 的长度设置，使 GR 互相电串联，而各行自身平行连接。上述 GR 的电串联耦合是通过引入导电的 RIR7 的第一层 31 (载流子浓度为 10^{18}cm^{-3})，宽度为 $15\mu\text{m}$ 的绝缘区 35，用于欧姆接触 15 的金属层 36，连接两个这种相邻的其间具有绝缘区 35 的 GR 的欧姆接触 15 实现的 (见图 15 和 16)，该
30 绝缘区邻接 (不同于阻挡区 6) 在 RIR7 的层 32 的绝缘区上 (见图 15)。



上述的金属层 36, 其对于上述的 32 行 GR 提供平行的电流连接, 所述的金属层为 16 行, 宽 $180\mu\text{m}$, 长 $9, 600\mu\text{m}$ 。在工作器件中, 对于每个 GR 对应一个近场辐射, 并在具有部分辐射模 12 的反射器上输出激光束。如果光学谐振腔以及 GR 的尺寸和长度选择合适, 则他们不会重叠 (见图 14)。提供激光器 1 的总的工作电流是 3.2A , 工作电压为 48V (对每个 GR 为 1.6V), 所以激光束的输出功率是 568.9W 。

激光器 1 的实施例 (见图 16—19) 的特征在于, 对于线性序列 (直线) 的 GR 形成具有公共小面 8 和 9 的单个 RIR7。工作层的平面与小面 8 和 9 的扩展面的交线与上述线内的增益区的增益轴成直角。该器件可包含大量的这种线, 他们通过异质结构 2 与对于所有的线公共的阻挡区 6 整体地连接。对应于每个所述 GR 线内的每个 GR 具有分离的激光束。从这种多束激光器 1 (具有单个分离的 GR) 输出辐射的方向或者是垂直于工作层 3 的平面 (见图 16 和 17), 或者成 φ 角 (见图 18)。对照激光器 1 (见图 14 和 15), 激光器 1 内 (图 16—19) RIR7 的厚度跨越明显的降低, 而每平方厘米激光束的密度跨越明显的增加。

在图 16 和 19, 32 所示的激光器 1 的实施例中, 直线的排列 GR (多条线), 其每一个包含 30 个 GR, 他们具有如同图 8 和图 11 所示激光器 1 实施例中的相同的尺寸和参数。这些 GR 位于 32 个 RIR7 的内表面 18 上。除了它的宽度为 $750\mu\text{m}$ 外, RIR7 具有相同于图 8 和图 11 所示激光器的实施例中的尺寸和参数。在四个侧面的每侧上, 由阻挡区 6 将 GR 进行电流分隔, 并利用已知的方法与接触层 14 形成独立的欧姆接触。行内 GR 的间隔是 $25\mu\text{m}$, 行与行之间的间隔是 $135\mu\text{m}$ 。为对每个 GR 独立的施加工作电流, 对于欧姆接触 15 设置 30 个纵向金属条层 36, 和 32 个横向金属条层 37, 后者是横过 GR 的光学增益轴, 这些金属条层与 32 个 RIR 的每个形成欧姆接触 16。在将电信号加到一个任意的由两个互相垂直金属条 36 和 37 的结合上时, 由包含设置在所选择的金属条的相交的带条之间的 GR 出射激光束。每个激光束 (全部是 960 个) 具有与图 9 和 11 所示的激光器 1 的实施例相同的参数。

激光器 1 (见图 20 和 21) 的实施例包含多个在公共的光学谐振腔内依次串联连接的 GR。它是基于从 RIR7 的外光学面 17 的反射 (图 20),

以及从设置在 RIR7 的两个面上的增益区（图 21）的具有激光辐射中相应增益的反射实现的。这些实施例提供增加的光学谐振腔的有效长度，以适用于较小的 RIR7 的厚度和大的出流角 ϕ 。另外，还由于热源在增益区自然分布的结果可以提供导热的条件。

- 5 还需指出，对于激光器 1（图 14—21）所考虑到的实施例，可以使用纵向和横向条状金属层 36 和 37 的电连接获得在激光器 1（图 14—21）的实施例中增益区的串联，并联，或者串一并电耦合。这就有可能使高功率多光束激光器与电源进行更有效的匹配。

10 因此，在所提议的激光器中，激光辐射的输出功率成倍的增加，阈值电流密度明显地下降，在两个互相垂直的方向上的发散角降低，光学谐振腔的有效长度增加，并可获得近似于最大值的效率，激光辐射的波长对泵浦电流幅度的依赖明显地降低。本发明还提议具有激光输出的，包括垂直于工作层的方向内输出的高效率激光器，以及包含独立工作的多光束激光器。

- 15 注入式激光器用于光纤通讯和数据传输系统，和超高速光学计算机和开关系统，以及医疗设备、激光加工设备和倍频激光器中，还可用于泵浦固体和纤维激光器中。

说明书附图

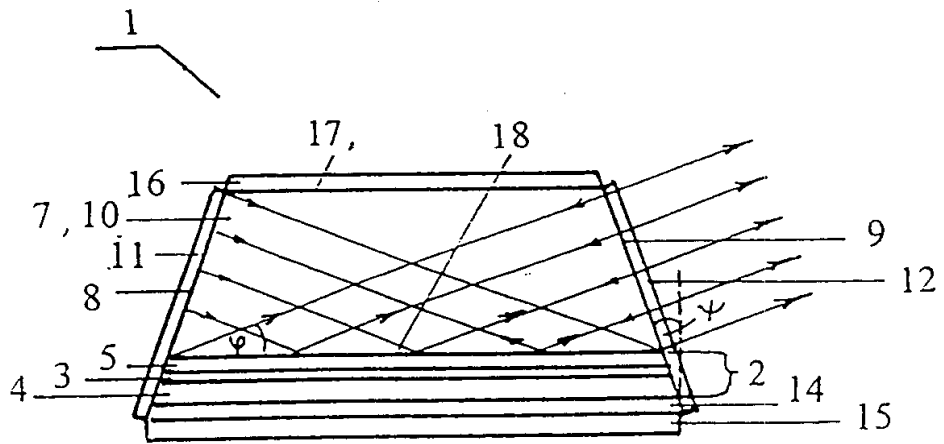


图 1

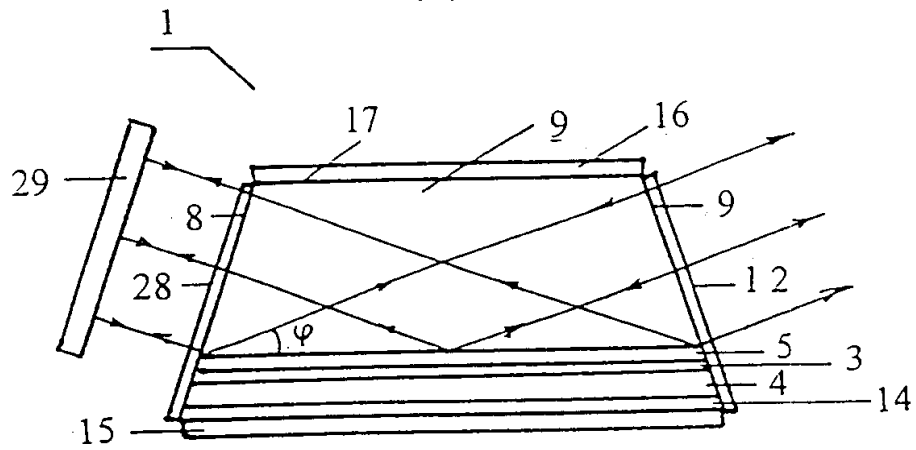


图 2

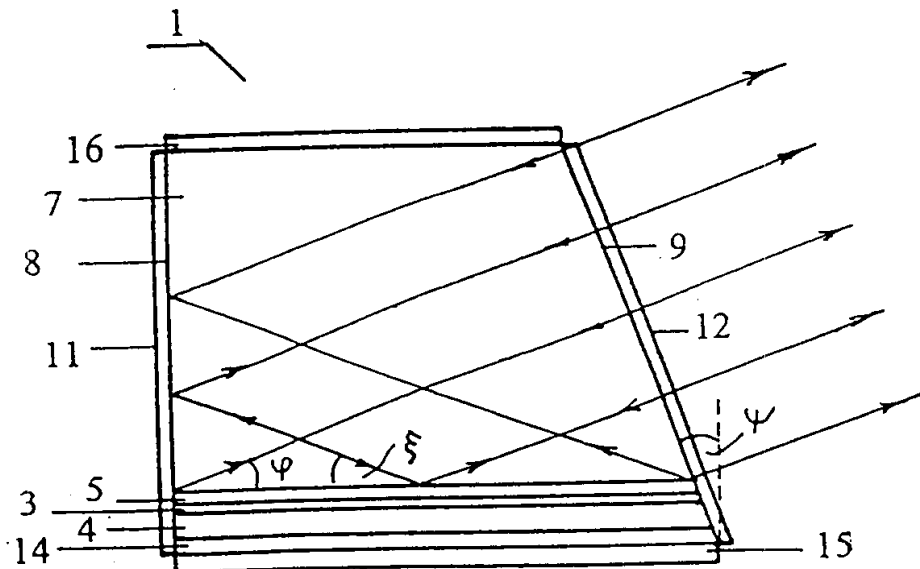


图 3

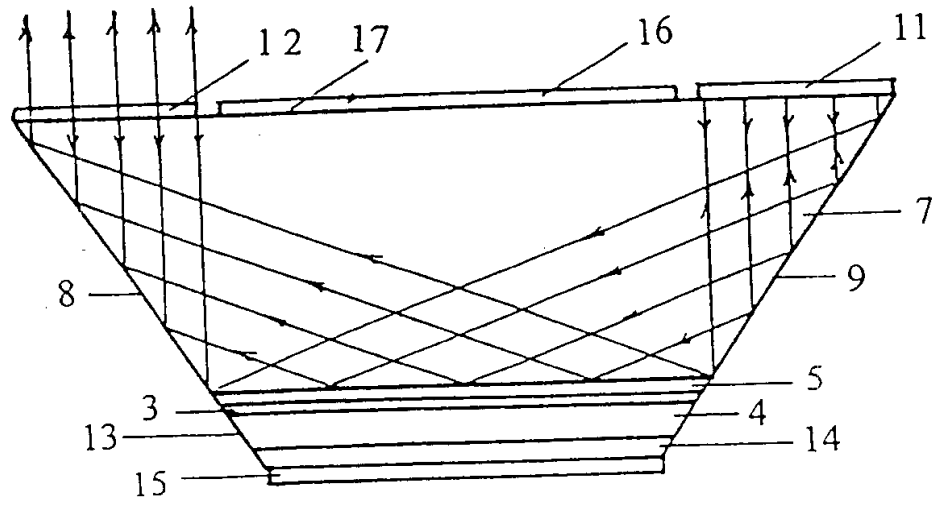


图 4

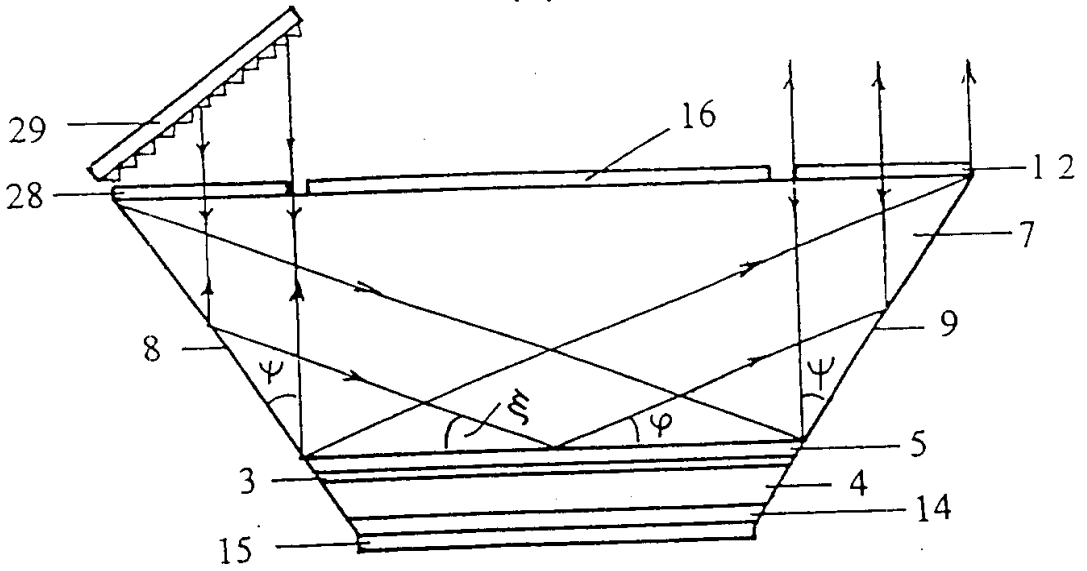


图 5

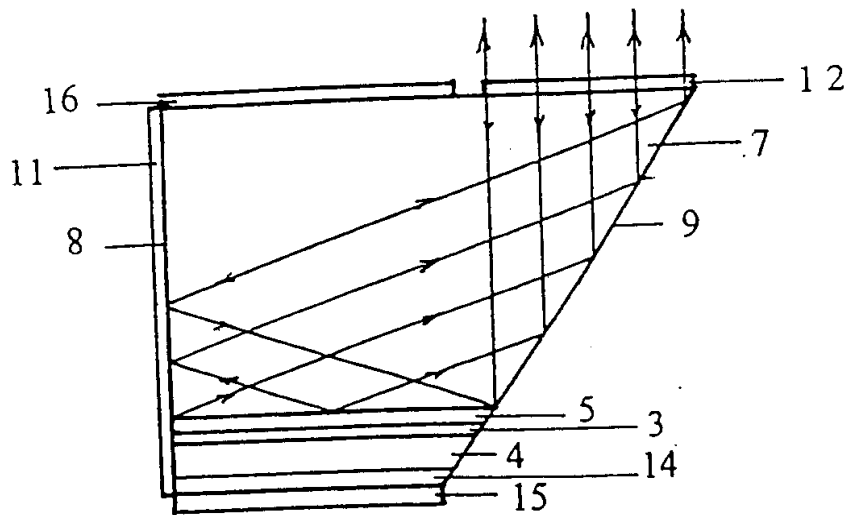


图 6

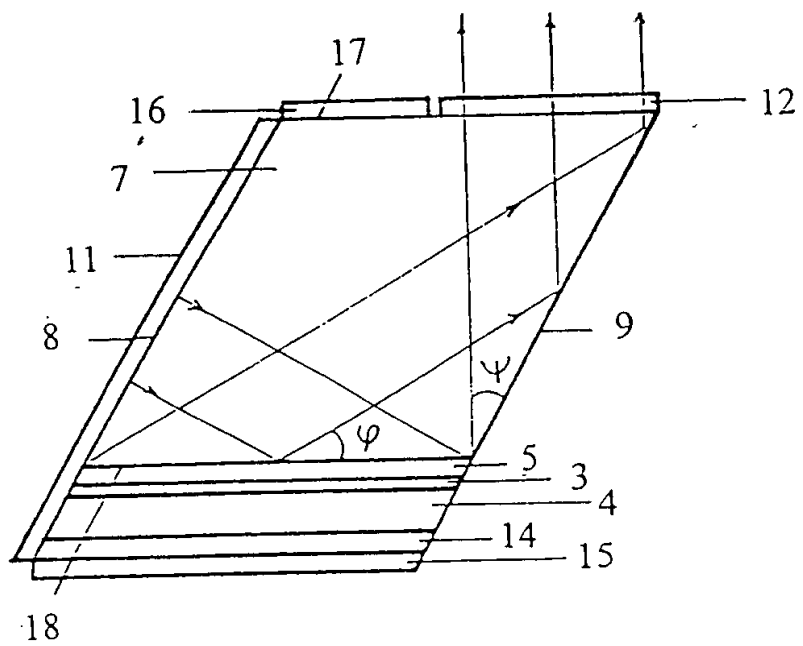


图 7

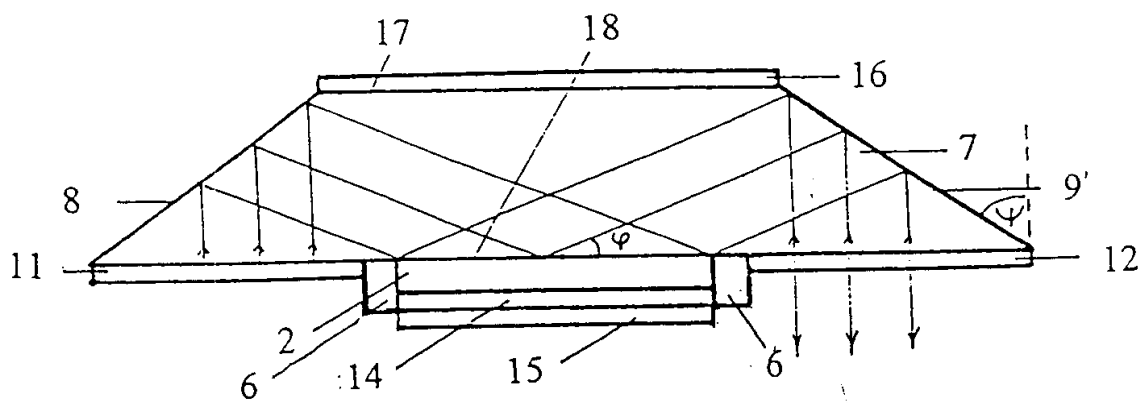


图 8

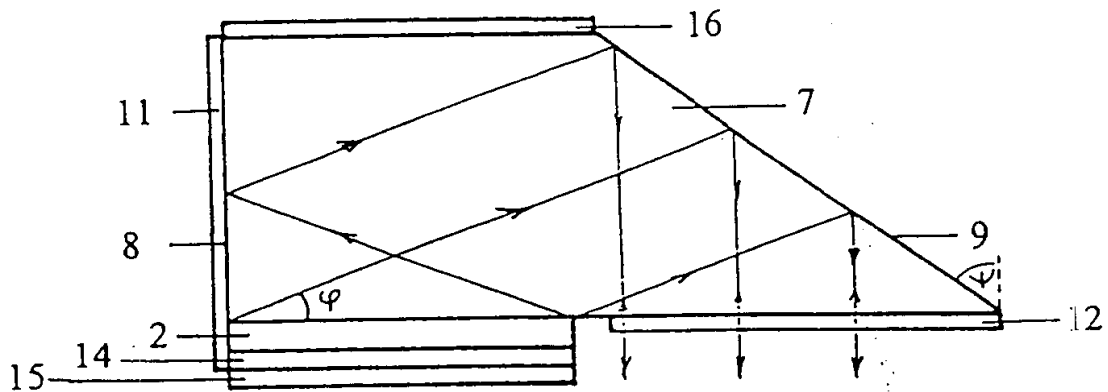


图 9

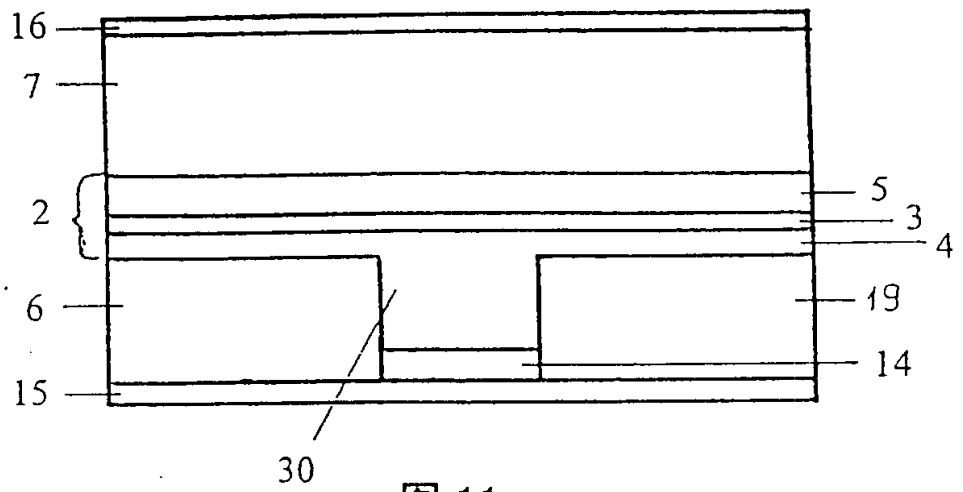


图 11

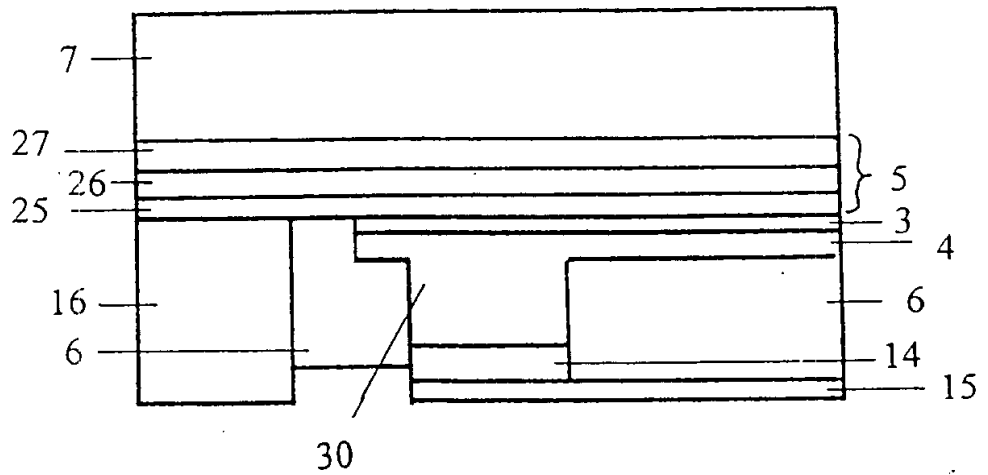


图 12

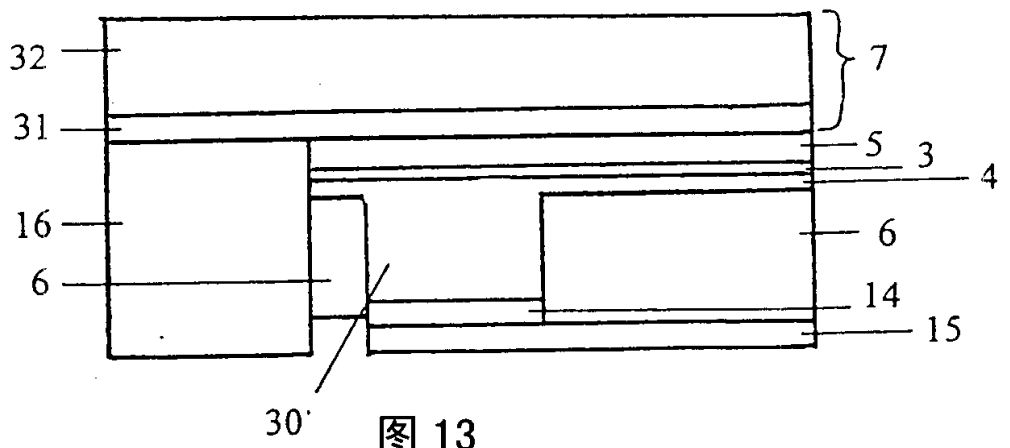


图 13

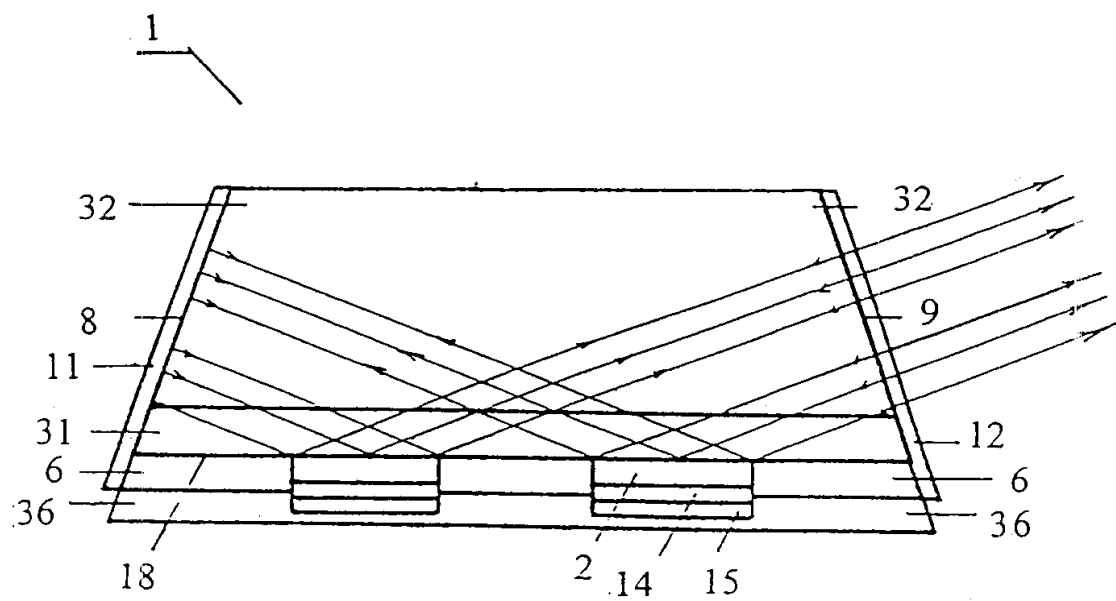


图 14

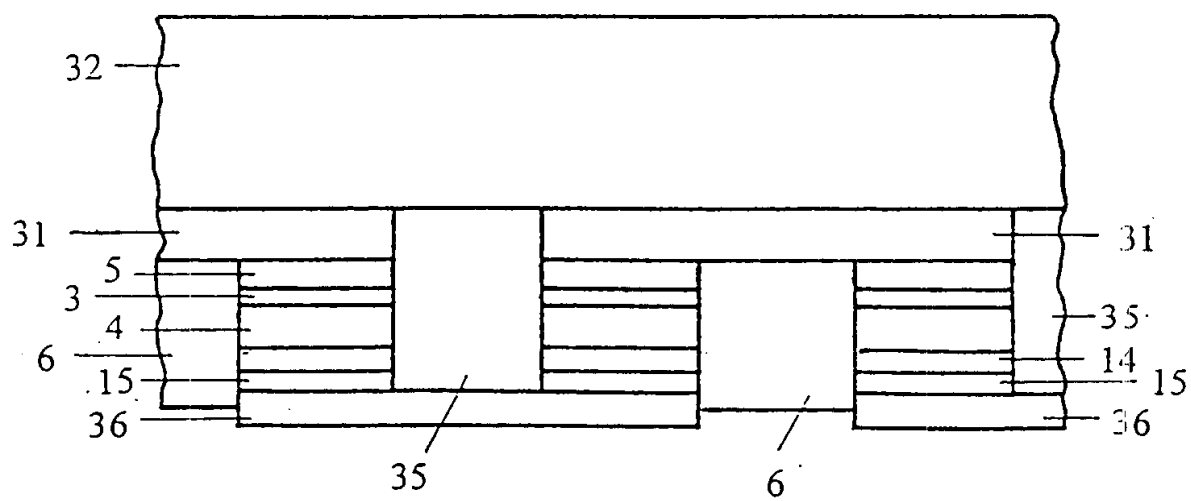


图 15

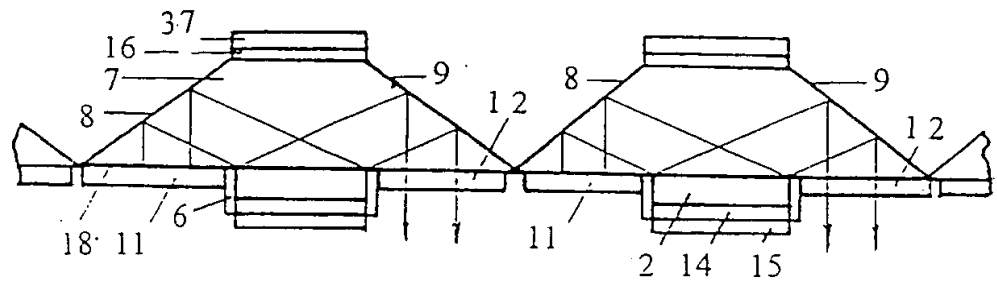


图 16

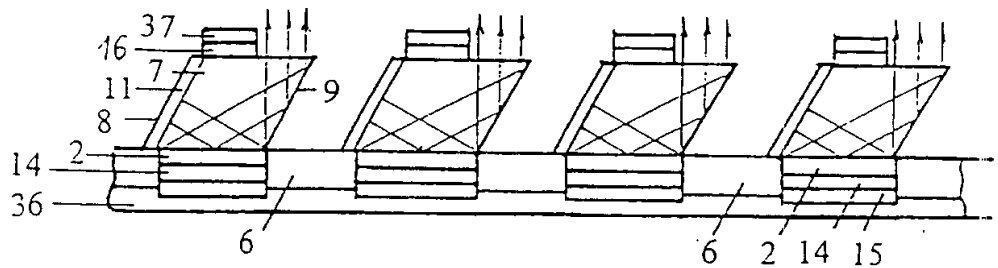


图 17

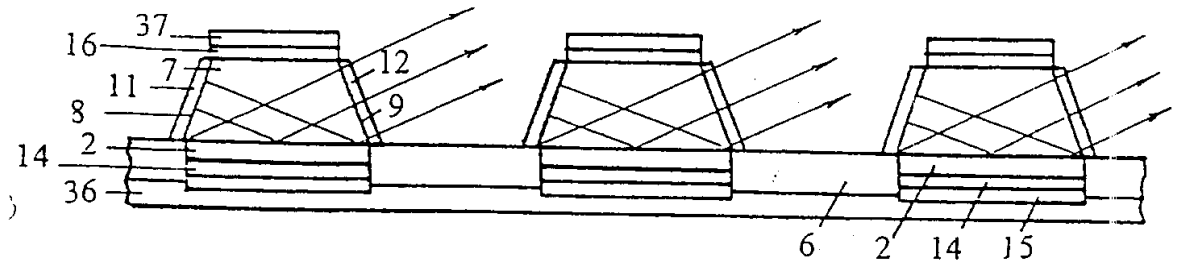


图 18

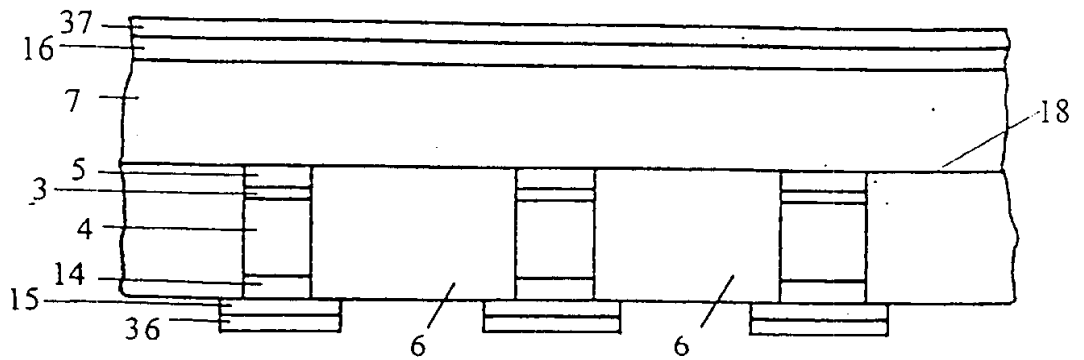


图 19

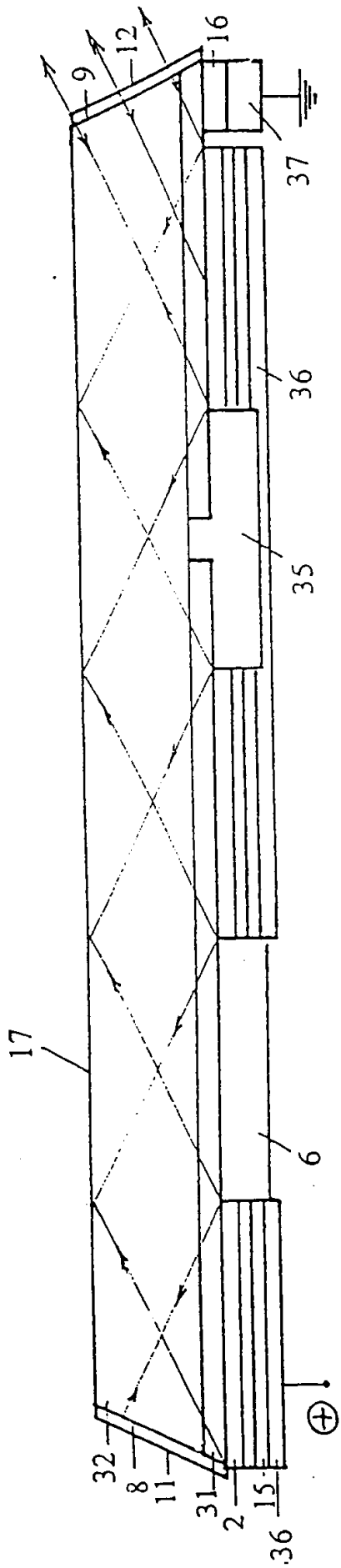


图 20

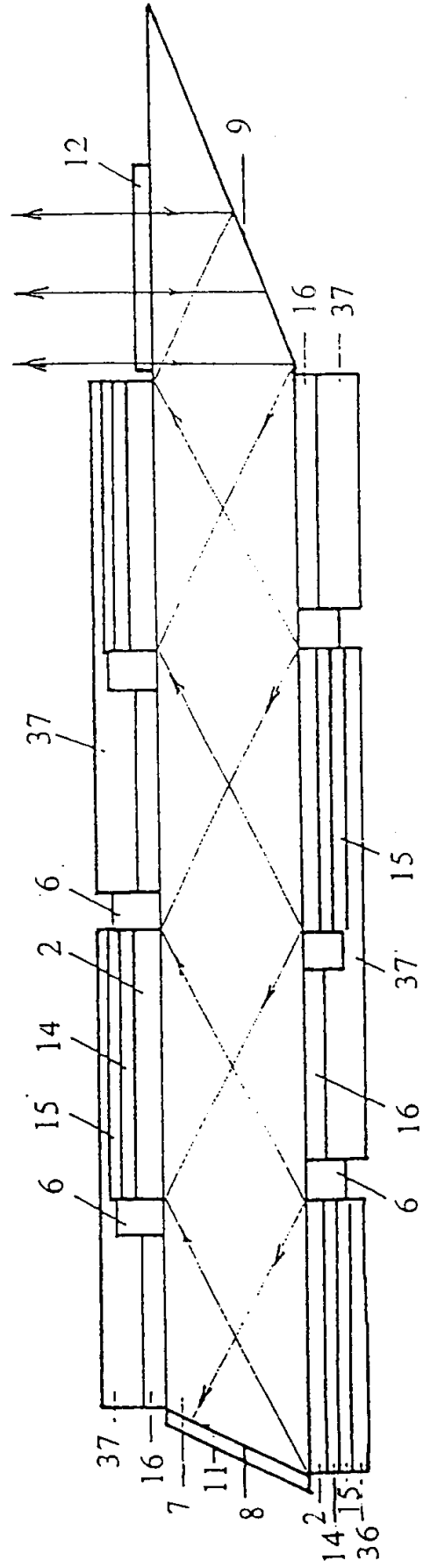


图 21

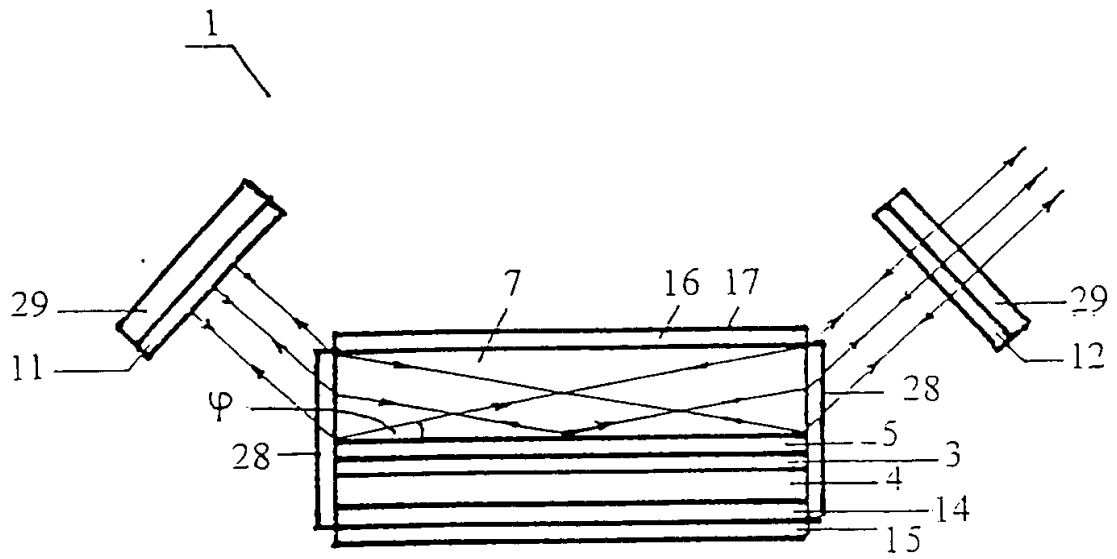


图 10

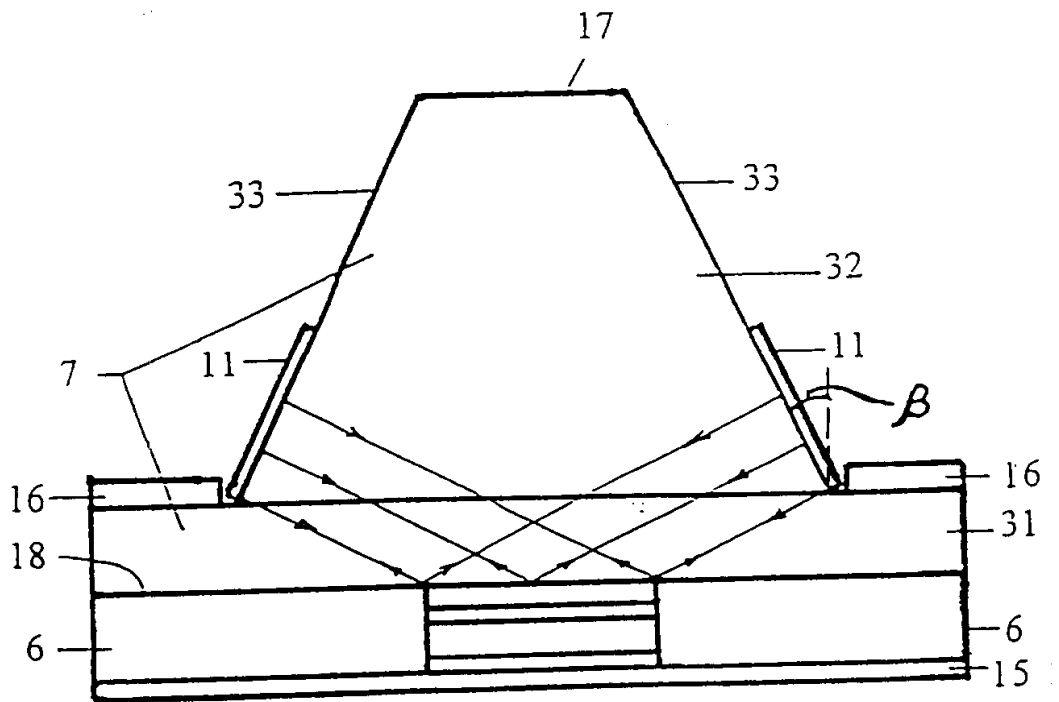


图 22

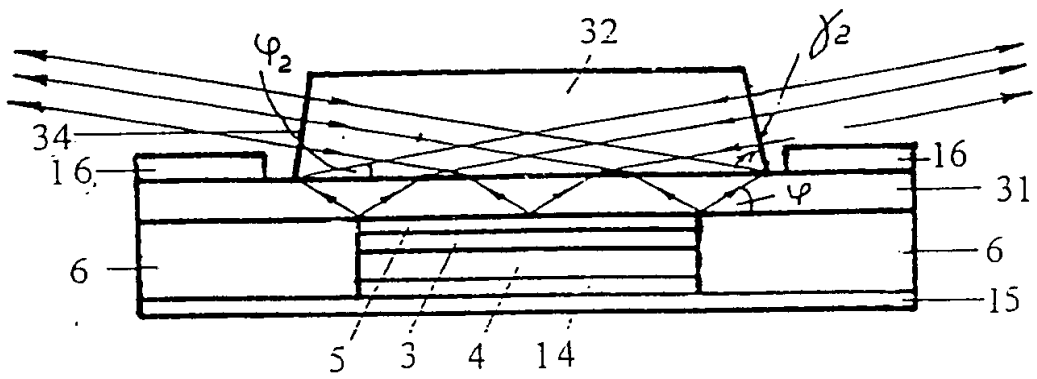


图 25

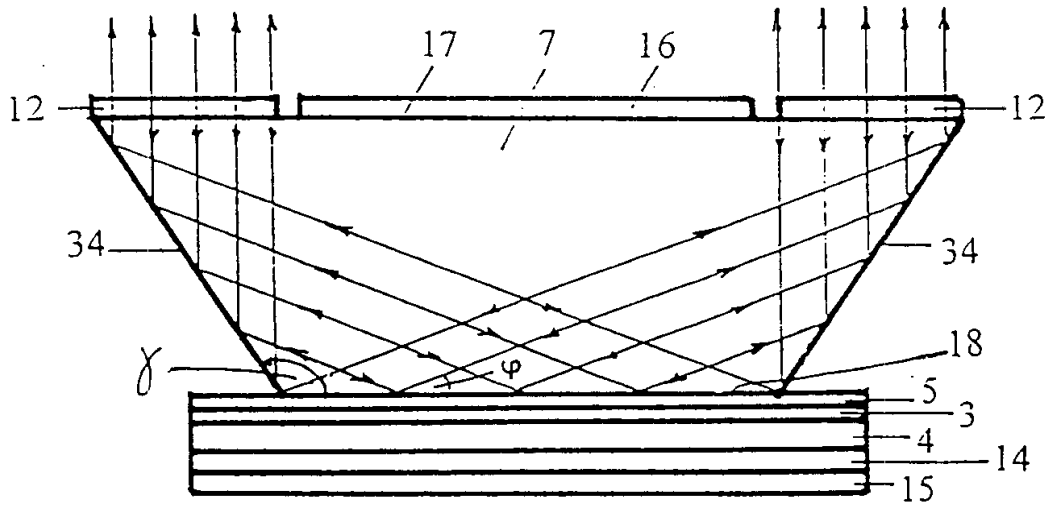


图 23

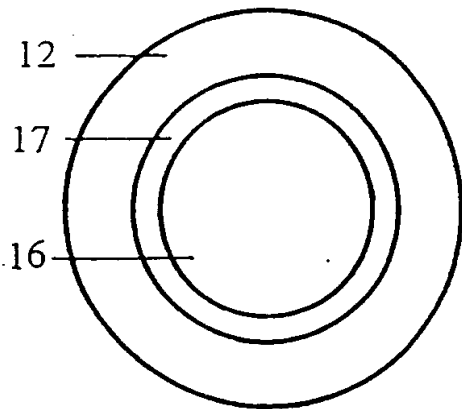


图 24

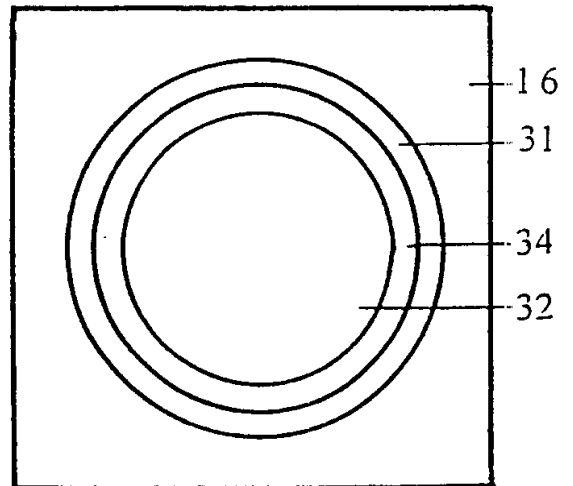


图 26

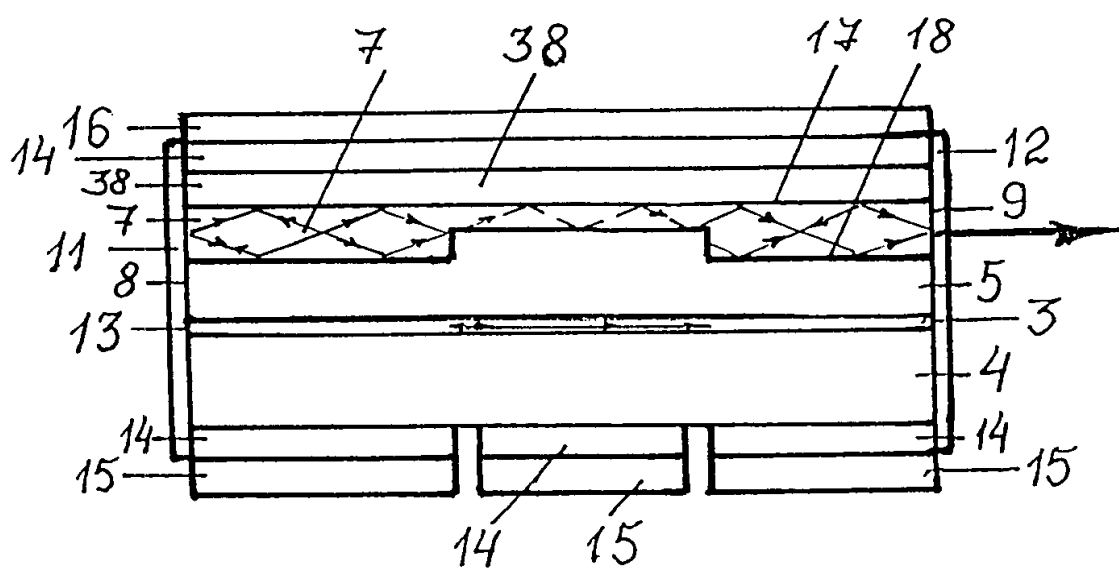


图 29

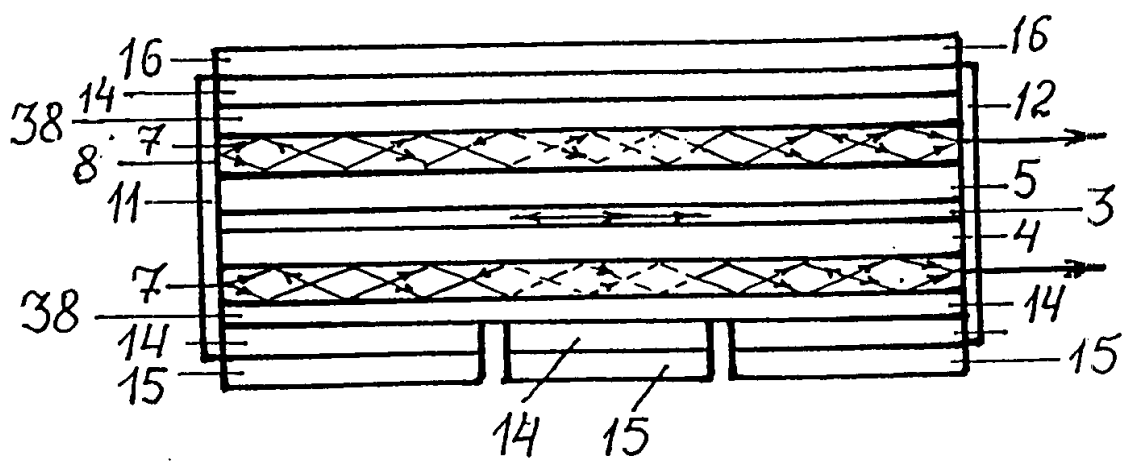


图 30