



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102610997 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 25

(21) 申请号 201210020795. 3

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2012. 01. 18

H01S 5/026 (2006. 01)

(30) 优先权数据

13/008, 239 2011. 01. 18 US

(71) 申请人 安华高科技光纤 IP (新加坡) 私人有限公司

地址 新加坡新加坡市

(72) 发明人 盖德·艾伯特·罗格若 方瑞雨

阿里桑德罗·斯塔诺

朱莉安娜·莫若罗

(74) 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理有限公司 11258

代理人 宋鹤

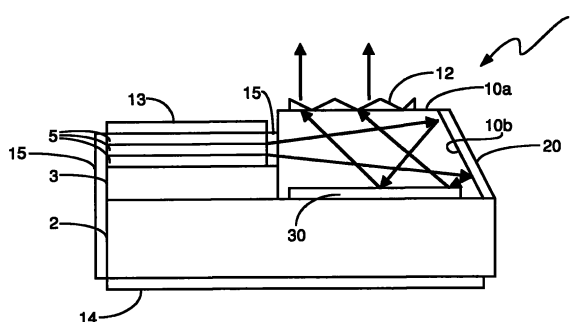
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 8 页

(54) 发明名称

表面发射半导体激光器装置

(57) 摘要

本发明涉及一种表面发射半导体激光器装置,其中,边缘发射激光器与衍射或折射透镜集成在同一半导体激光器装置上。提供了一种表面发射半导体激光器装置,包括:形成在布置于半导体衬底上的各个半导体材料层中的边缘发射激光器,在衬底上与形成边缘发射激光器的层横向相邻布置的聚合物材料,形成在聚合物材料的上表面内或上表面上的衍射或折射透镜,形成在聚合物材料的大致面向激光器的出射端面的倾斜侧反射器面上的侧反射器,布置在聚合物材料下方的衬底上的下反射器。激光穿出出射端面并在由侧反射器朝向向下反射器反射之前传播通过聚合物材料。激光之后由下反射器朝向透镜再次反射,透镜将激光沿着衬底的上表面大致法向的方向引导到装置之外。



1. 一种表面发射半导体激光器装置,包括:

衬底,具有上表面和下表面;

多个半导体层,至少包括最下层和最上层,其中,所述最下层被布置在所述衬底的上表面上,所述多个半导体层中形成有边缘发射激光器,以在该激光器被激活时产生具有激光发射波长的激光,所述激光器具有第一端面和第二端面,其中,在所述激光器被激活时,具有所述激光发射波长的激光通过所述第二端面从所述激光器出来;

形成在所述多个半导体层中的沟道;

布置在所述沟道中的聚合物材料,所述聚合物材料至少包括上表面、下表面和倾斜侧面;

折射或衍射透镜,位于所述聚合物材料的上表面中或上表面上;

侧反射器,位于所述聚合物材料的倾斜侧面上,所述倾斜侧面大致面向所述激光器的第二端面;以及

下反射器,位于所述衬底的上表面上,所述衬底的上表面大致位于所述聚合物材料的下表面下方并且大致面向所述聚合物材料的上表面,其中,通过所述激光器的第二端面出来的激光的至少一部分经过所述聚合物材料传播并且由所述侧反射器沿着大致朝向所述下反射器的方向反射,并且其中,被反射的激光的至少一部分入射到所述下反射器上并且由所述下反射器沿着大致朝向所述折射或衍射透镜的方向再次反射,并且其中,所述折射或衍射透镜接收被再次反射的激光的至少一部分并且使得所接收的部分被沿着所述衬底的上表面大致法向的方向引导到所述表面发射半导体激光器装置之外。

2. 根据权利要求1所述的表面发射半导体激光器装置,其中,所述折射或衍射透镜是折射透镜。

3. 根据权利要求1所述的表面发射半导体激光器装置,其中,所述折射或衍射透镜是衍射透镜。

4. 根据权利要求1所述的表面发射半导体激光器装置,其中,所述折射或衍射透镜是组合了折射和衍射特性的透镜。

5. 根据权利要求1所述的表面发射半导体激光器装置,其中,所述边缘发射激光器包括屋脊结构,所述屋脊结构是通过经过所述多个半导体层的至少一部分进行蚀刻而形成的。

6. 根据权利要求5所述的表面发射半导体激光器装置,其中,所述边缘发射激光器是法布里-珀罗(F-P)激光器。

7. 根据权利要求6所述的表面发射半导体激光器装置,还包括:

布置在所述第一端面和所述第二端面上的高反射性(HR)涂层。

8. 根据权利要求1所述的表面发射半导体激光器装置,其中,所述边缘发射激光器包括埋入衍射光栅,所述埋入衍射光栅形成在所述多个半导体层的一个层或多个层中。

9. 根据权利要求8所述的表面发射半导体激光器装置,其中,所述边缘发射激光器是分布反馈(DFB)激光器。

10. 根据权利要求6所述的表面发射半导体激光器装置,还包括:

布置在所述第一端面和所述第二端面上的抗反射(AR)涂层。

11. 一种制造表面发射半导体激光器装置的方法,所述方法包括:

在衬底上沉积或生长多个半导体层,所述多个半导体层至少包括最下层和最上层,其中,所述最下层被布置在所述衬底的上表面上;

在所述多个半导体层的一个层或多个层中形成边缘发射激光器,所述边缘发射激光器用于产生具有激光发射波长的激光,所述激光器具有第一端面和第二端面,其中,如果所述激光器被激活,则由所述激光器产生的激光通过所述第二端面从所述激光器出来;

在所述多个半导体层中形成沟道;

将聚合物材料布置在所述沟道中,所述聚合物材料至少包括上表面、下表面和倾斜侧面;

在所述聚合物材料的上表面内或上表面上形成折射或衍射透镜;

将侧反射器布置在所述聚合物材料的倾斜侧面上,所述倾斜侧面大致面向所述激光器的第二端面;以及

将下反射器布置在所述衬底的上表面上,所述衬底的上表面大致位于所述聚合物材料的下表面下方并且大致面向所述聚合物材料的上表面。

12. 根据权利要求 11 所述的方法,其中,所述折射或衍射透镜是折射透镜。

13. 根据权利要求 11 所述的方法,其中,所述折射或衍射透镜是衍射透镜。

14. 根据权利要求 11 所述的方法,其中,所述折射或衍射透镜是组合了折射和衍射特性的透镜。

15. 根据权利要求 11 所述的方法,还包括:

在所述第一端面和所述第二端面上的形成高反射性 (HR) 涂层,并且其中,所述边缘发射激光器包括通过经过所述多个半导体层的至少一部分进行蚀刻而形成的屋脊结构。

16. 根据权利要求 15 所述的方法,其中,所述边缘发射激光器是法布里-珀罗 (F-P) 激光器。

17. 根据权利要求 11 所述的方法,还包括:

在所述第一端面和所述第二端面上形成抗反射 (AR) 涂层,其中,所述边缘发射激光器包括形成在所述多个半导体层的一个层或多个层中的埋入衍射光栅。

18. 根据权利要求 17 所述的方法,其中,所述边缘发射激光器是分布反馈 (DFB) 激光器。

表面发射半导体激光器装置

技术领域

[0001] 本发明主要涉及半导体激光器装置,尤其涉及一种表面发射半导体激光器装置,在该装置中,边缘发射激光器与衍射或折射透镜一起集成在同一芯片上。

背景技术

[0002] 半导体激光器通常被用在用于电信和数据通信网络的光学收发器中。用在这种光学收发器中的激光器通常是边缘发射型激光器。因为激光器发射的激光不是经聚焦或准直的,即,它在传播中会发散成圆锥形,所以光学收发器的边缘发射激光器通常由非球面透镜或其他分立光学元件耦合到光纤。虽然使用透镜将边缘发射激光器与光纤耦合在光学收发器中工作的相当的好,但还是希望能够通过使得收发器组成部分和在它们之间实现光学准直的伴随步骤的数目最小化来改善收发器的制造经济性。

[0003] 用于光学收发器的边缘发射激光器在半导体晶片上使用标准光刻法和外延法制造,被切片为芯片,并且每个芯片的部分被涂上反射性和抗反射性涂层。成品芯片可以之后被测试。期望将制造步骤的数目最小化以及增强易测性。

[0004] 已经提出了在相同芯片上结合衍射透镜和边缘发射激光器。例如,授权给 Lo 等人的美国专利 No. 6, 459, 716 公开了一个装置,其中由边缘发射激光器产生的边缘发射光束被倾斜平面朝向较低反射性表面反射,该较低的反射性表面与光束发射方向以及芯片表面相平行,该较低的反射性表面转而沿着大致与芯片平面垂直的方向朝上反射光束。被朝上反射的光束之后穿过在芯片平面上的材料中所形成的衍射透镜而发射。与包括分离的透镜的收发器相比,具有这种装置的收发器可以被更经济地制造出来。然而,由于包括了将来自激光器的光束朝向倾斜平面引导的波导,该装置不能被直接制造出来。并且,装置的几何形状可能使其光学特性对镜片厚度的误差变得敏感。

[0005] 垂直腔表面发射激光器 (VCSEL) 经常被终端用户所喜爱,这是由于它们在不需要提供光束形状校正的情况下与光纤高的结合效率,并因此降低了检测包装成本。然而,在对于特别高速的操作制造 VCSEL 时,仍然存在关于单模式输出控制的问题。

[0006] 在工业界,已经努力将边缘发射装置转换为垂直发射装置。例如,美国专利 No. 7, 245, 645B2 公开了以 45° 角蚀刻激光器面中的一者或两者,从而形成竖直地反射激光光束的 45° 反射镜。然而,在这个方法中,45° 反射镜是在激光器腔内部的。美国专利 5, 671, 243 公开了使用在激光器腔外部的传统 90° 激光器面,但是在同一芯片内,存在将光束转向表面方向的反射镜。然而,在激光器腔内或激光器腔外包括的蚀刻反射镜要求在制造过程中执行高质量的面蚀刻。尤其是当在高操作功率下实施干法蚀刻时,由于在干法蚀刻过程中可能发生面损伤,执行高质量蚀刻出现很重要的可靠性问题。

[0007] 授权给本申请的受让人的美国专利 No. 7, 450, 621 公开了克服了很多上述困难的解决方法。该专利公开了一种半导体装置,其中衍射透镜与边缘发射激光器集成在相同芯片上。该衍射透镜与边缘发射激光器一体地集成在磷化铟 (InP) 衬底材料上。把衍射透镜一体地集成在集成了边缘发射激光器的相同芯片上需要实施多重电子束光刻 (EBL) 曝光

和干法蚀刻过程,这增加了装置的制造成本。

[0008] 需要提供一种把边缘发射激光器与衍射或折射透镜集成的半导体装置,并且制造过程也很经济。

发明内容

[0009] 本发明涉及边缘发射半导体激光器装置和用于制造该装置的方法。

[0010] 本发明涉及表面发射半导体激光器装置以及制造该装置的方法。该装置包括:具有上表面和下表面的衬底;布置在衬底上的多个半导体层;形成在半导体层中用于产生具有激光发射波长的激光的边缘发射激光器;形成在多个半导体层中的沟道;布置在沟道中的聚合物材料;位于聚合物材料的上表面内或之上的折射或衍射透镜;位于聚合物材料的大致面向激光器的第二端面倾斜侧面上的侧反射器;以及位于衬底的上表面上的下反射器,该衬底的上表面大致位于聚合物材料的下表面下方并且大致面向聚合物材料的上表面。

[0011] 在激光器工作期间,通过激光器的第二端面穿出的激光的一部分传递通过聚合物材料并且由侧反射器沿着大致朝向下反射器的方向反射。被反射的激光的至少一部分入射到下反射器上并且由下反射器沿着大致朝向折射或衍射透镜的方向再次反射。折射或衍射透镜接收被再次反射的激光的一部分并且使得所接收的部分被沿着衬底的上表面大致法向的方向引导到表面反射半导体激光器装置之外。

[0012] 制造方法包括:在衬底上沉积或生长多个半导体激光器;在多个半导体层的一者或多者中,形成用于产生具有激光发射波长的激光的边缘发射激光器;在多个半导体层中形成沟道;将聚合物材料布置在沟道中;在聚合物材料的上表面内或之上形成折射或衍射透镜;将侧反射器布置在聚合物材料的、大致面向激光器的第二端面的倾斜侧面上;以及将下反射器布置在衬底的上表面上,衬底的上表面大致位于聚合物材料的下表面下方并且大致面向聚合物材料的上表面。

[0013] 本发明的这些和其他特征以及优点将会通过以下描述、附图和权利要求变得清楚。

附图说明

[0014] 图 1 描绘了根据本发明示例实施例的半导体激光器装置的俯视立体图。

[0015] 图 2 是沿着图 1 的线 A-A1 取得的、图 1 中示出的半导体激光器装置的截面侧视图。

[0016] 图 3A- 图 3J 一同描绘了可以被用来制造图 1 所示的半导体激光器装置的加工步骤的顺序。

[0017] 图 4 描绘了图 1 中示出的半导体激光器装置的俯视平面图,其中 p 金属触点和 n 金属触点都定位在装置上侧。

[0018] 图 5 描绘了在装置被配置为在装置的蚀刻激光器面上具有高反射性 (HR) 涂层的法布里 - 珀罗激光器装置的示例中,图 1 中所示半导体激光器装置的侧截面图。

[0019] 图 6 描绘了在装置被配置为在装置的蚀刻的激光器面上具有抗反射 (AR) 涂层的分布反馈激光器装置的示例中,图 1 中所示半导体激光器装置的侧截面图。

具体实施方式

[0020] 本发明涉及这样一种表面发射半导体激光器装置：在该装置中，由半导体材料形成的边缘发射激光器和由聚合物材料形成的衍射或折射透镜一起被集成在半导体激光器装置中。该装置包括：由布置在半导体衬底上所的多层半导体材料形成的边缘发射激光器，布置在衬底上与形成边缘发射激光器的层横向相邻的聚合物材料，在聚合物材料的上表面中或上表面上形成的衍射或折射透镜，形成在聚合物材料的大致与边缘发射激光器的出射端面相对的倾斜侧反射器面上的侧反射器，布置在聚合物材料下方的衬底上的下反射器。在聚合物材料中形成衍射或折射透镜以及侧反射器（而不是一体地在半导体材料中）消除了使用上述 EBL 曝光和蚀刻步骤来制造这些元件的需要。进而，消除了使用上述 EBL 曝光和蚀刻步骤来制造这些元件的需要会极大地降低制造成本，而不会降低可靠性或性能。

[0021] 图 1 描绘了在 p 金属和 n 金属触点形成在装置 1 上之前以及抗反射 (AR) 和 / 或高反射 (HR) 涂层形成在装置 1 上之前，根据本发明示例实施例的半导体激光器装置 1 的侧视图。图 2 描绘了在 p 金属和 n 金属触点以及抗反射 (AR) 和 / 或高反射 (HR) 涂层形成在装置 1 上之后，沿着图 1 中线 A-A1 取得的图 1 所示半导体激光器装置 1 的部分截面侧视图。现在参照图 1 和图 2 描述根据图示实施例的半导体激光器装置 1。

[0022] 如图 1（没有按比例）所示，在本发明的图示或示例实施例中，激光器半导体装置 1 包括：半导体衬底 2、布置在衬底 2 上表面上的缓冲层 3、由布置在缓冲层 3 上的一个或多个有源层 5 形成的边缘发射激光器 4、布置在衬底 2 的上表面上并与形成有激光器 4 的缓冲层 3 和有源层 5 横向相邻的聚合物材料 10、形成在聚合物材料 10 的上表面 10a 中或上表面 10a 上的衍射或反射透镜 12、聚合物材料 10 的倾斜侧反射面 10b。

[0023] 制作半导体衬底 2 的材料例如可以是掺杂磷化铟 (InP) 或砷化镓 (GaAs)。例如，假设半导体衬底 2 由 InP 制成。同样假设缓冲层 3 由 n 型 InP 制成。有源层 5 包括在缓冲层 3 上经由称为选择性区域增长 (SAG) 的工艺而生长的多量子阱 (MQW) 有源区域。一个或多个 p 型 InP 分隔层、填充层以及包层（为了清楚而未示出）通常被生长在 MQW 有源层 5 的上面。为了清楚和易于描述，这些其他层并没有在附图中示出。本领域技术人员明白可以将这些附加层包括在装置 1 中。

[0024] 参照图 2，p 金属触点 13 形成在装置 1 的位于有源层 5 上方的最上层之上。n 金属触点 14 被形成在衬底 2 的下表面上。根据装置 1 被配置为法布里 - 珀罗 (F-P) 激光器装置还是分布反馈 (DFB) 激光器装置，涂层 15（分别是 HR 涂层或者 AR 涂层）被形成在边缘发射激光器 4 的端面上。如本领域中公知的，边缘发射激光器 4 典型的是屋脊 (ridge) 结构，如反平顶 (reverse-mesa) 屋脊结构。在美国专利 No. 7, 539, 228 中讨论了可以被用来形成这种屋脊结构的方法的细节，该专利被受让给本申请的受让人并且通过引用将其全部结合在这里。如该专利所公开的，该屋脊结构可以使用在本发明背景技术部分中所描述的传统技术来蚀刻，或者使用在该专利的细节描述中所描述的技术来生长。

[0025] 形成上述侧反射器的 HR 涂层 20 被形成在聚合物材料 10 的倾斜侧反射器面 10b 上。形成上述下反射器的金属反射器 30 被布置在大致位于聚合物材料 10 之下的衬底 2 的上表面上。衍射或反射透镜 12 可以以已知技术或使用例如那些在美国专利 No. 7, 450, 621 中所描述的技术而形成于聚合物材料 10 的上表面 10a 内或该表面 10a 上，该专利被受让给本申请的受让人并且通过引用将其全部结合在这里。透镜 12 可以是折射光学元件、衍射光

学元件、或者组合了折射和衍射特性的光学元件。在聚合物材料 10 中为此目的而产生适当的折射和 / 或衍射光学元件的方式被本领域技术人员所熟知。

[0026] 在操作过程中,边缘发射激光器 4 发射大致沿着与衬底 2 的平面相平行的轴的光束。激光束穿出激光器 4 的出射面,并进入对激光发射波长透明的聚合物 10。激光光束之后被聚合物 10 的形成在倾斜侧反射器面 10b 上的侧反射器 20 沿着大致朝向下反射器 30 的方向反射。光束被下反射器 30 (该反射器一般是金属反射镜) 再次沿着大致朝向上表面 10a 的方向反射,在上表面 10a 处,光束被透镜 12 收集并校准。因此,光束从装置 1 中出射,被定向为沿着与聚合物材料 10 的上表面 10a 大致垂直的轴线,即,大致垂直于装置 1 的上表面。因为这个原因,装置 1 可以被称为“表面发射”装置。

[0027] 图 3A- 图 3J 描绘了可以被用来制造如图 1 和图 2 所示的半导体激光器装置 1 的一系列制造步骤的示例。可以使用传统技术来制造装置 1。虽然在图 3A- 图 3J 示出了用于制造具有聚合物透镜的屋脊结构激光器的示例性或示意性步骤,但是在这些图中所描绘的步骤的顺序在这里仅用作为示意的目的,并且这些步骤可以以任何其他恰当的顺序来实施。此外,如本领域的技术人员容易理解的,可以包括通常用来制造这种装置的典型附加的步骤。

[0028] 图 3A- 图 3F 是在制造过程中的不同阶段时图 1 中示出的装置 1 的俯视立体图,在该制造过程中,在装置 1 中形成沟道 40 和屋脊结构 50。图 3G 是在 HR 或 AR 涂层 (分别取决于装置 1 被构造为 F-P 激光器装置还是 DFB 激光器装置) 被涂覆之后,装置 1 在如图 3F 所示的加工阶段的侧平面视图。图 3H 是在 HR 或 AR 涂层 15 的部分被移除以分别形成 p 金属和 n 金属触点 13 和 14 之后并且下反射器 30 被沉积在沟道 40 的一部分中之后,图 3G 中示出的装置 1 的俯视立体图。图 3I 是在聚合物材料 10 已经被沉积在沟道 40 内并定型之后,图 3H 中示出的装置 1 的俯视立体图。图 3J 是在衍射或反射透镜 12 被形成在聚合物材料 10 的上表面 10a 之内或之上之后,图 3I 中示出的装置 1 的俯视立体图。将会参照图 3A-3J 描述制造步骤。

[0029] 图 1 和图 2 以及图 3A- 图 3J 中的类似附图标记被用来指示类似的元件或特征。参照图 3A,第一电介质膜 35 (其通常但是不必须是二氧化硅 (SiO_2) 膜) 被沉积在有源层 5 (图 1) 之上,或沉积在位于有源层 5 上方的任何层 (例如,填充层、包覆层等) 之上。使用传统光蚀刻和干法蚀刻技术将用来定义屋脊结构的位置和配置的屋脊掩模图案 36 形成在电介质膜 35 中。参照图 3B,第二电介质膜 37 ((其通常但是不必须是 SiO_2 膜) 被沉积在屋脊掩模图案 36 上并且受到传统光蚀刻和干法蚀刻技术,以形成将随后被用来限定沟道的沟道掩模图案 38。参照图 3C,通常通过使用电感耦合等离子 (ICP) 蚀刻工艺来对图 3B 中示出的装置 1 进行蚀刻,以形成沟道 40。为此目的使用 ICP 蚀刻工艺的优点是:在对于限定沟道 40 的垂直侧面保持良好的垂直侧壁轮廓的同时,对于与蚀刻区域相邻的层引起的损伤非常轻微。

[0030] 参照图 3D,通过使用反应离子蚀刻 (RIE) 步骤而移除了如图 3C 所示的沟道掩模图案 38,仅留下图 3A 中所示的屋脊掩模图案 36 和图 3C 中所示的沟道 40。参照图 3E,之后使用 RIE 或 ICP 来形成屋脊结构 50,而不需要进一步光刻对准的情况下。参照图 3F,被蚀刻的屋脊掩模图案 36 随后被移除以使得屋脊 50 暴露出来。

[0031] 参照图 3G 中示出的侧视图,装置 1 被涂覆有 HE 或 AR 涂层 15 (图 2)。通常,同时

在晶片（为了说明的清晰而未示出）上加工出成百上千的装置 1，在这情况下，整个晶片可以被涂覆有 HR 或 AR 涂层 15。这与在晶片被锯开并且分离成独立的装置 1 之后再涂覆 HR 或 AR 涂层的标准步骤相反。参照图 3H，HR 或 AR 涂层 15 被蚀刻以移除涂层 15 的不需要的部分，使得涂层 15 的所保留的部分仅为 p 金属触点 13（图 2）。金属层 30 随后被沉积在沟道 40 内来形成下反射器 30（图 2）。

[0032] 参照图 3I，在下反射器 30 被形成在沟道 40 内之后，沟道 40 被聚合物材料 10 填充。参照图 3J，衍射或折射透镜 12（图 1 和图 2）以及倾斜面 10b 被通过标准的光蚀刻 / 蚀刻技术或者压印技术形成在聚合物材料 10 中或之上，后一种技术使用了具有形状的主掩模（为了清晰的目的而并未示出），该形状与具有形成在其上的透镜 12 和倾斜面 10b 的聚合物材料 10 的期望形状互补。压印技术是优选的，因为它是允许与关于制造装置 1 的总成本极大地减小的一种低成本制造技术。在已经在聚合物材料 10 中形成透镜 12 和倾斜面 10b 之后，如图 3J 所示，通常为 HR 涂层的侧反射器 20（图 2）被形成在倾斜面 10b 上。为了清楚的目的，侧反射器 20 在图 3J 中没有被示出。

[0033] 图 4 描绘了图 2 中示出的装置的平面图，除了 p 金属和 n 金属触点 13、14 都形成在装置 1 的顶侧上（即，在有源层 5 以上的最上层（图 2）上）之外。这与图 2 中所示的 p 金属触点 13 被布置在装置 1 的最上层上并且 n 金属触点 14 被布置在衬底 2 的下表面上的构造不同。图 4 仅仅是可以对于图 2 中示出的装置 1 进行的许多可能修改中的一个示例。本领域技术人员会理解在没有背离本发明范围的情况下对于装置 1 进行这些和其他多种修改。

[0034] 如上所述，装置 1 可以被配置为 F-B 半导体激光器装置或 DFB 半导体激光器装置。图 5 和图 6 分别描绘了被构造成 F-P 半导体激光器装置 110 和 DFB 半导体激光器装置 120 的装置 1 的侧截面图。F-P 半导体激光器装置 110 可以与图 1 和图 2 中所示的装置 1 完全相同。F-P 半导体激光器装置 110 在激光器端面上具有 HR 涂层 5a。F-P 激光器本身可以是屋脊结构 4，正如上面参照图 1 和图 2 所描绘的实施例中那样。DFB 半导体激光器装置 120 可以与图 1 和图 2 中所示的装置 1 完全相同，除了它不结合屋脊结构 4 而是采用埋入式衍射光栅 115 之外。在 DFB 半导体激光器装置 120 中，AR 涂层 15b 可以被用在激光器端面上。

[0035] 为了描述本发明的原理和概念，已经参照一些示意性和示例性实施例来描述了本发明。但是，正如本领域技术人员阅读这些描述之后所理解的，本发明不仅限于这些实施例。例如，虽然装置 1、110 和 120 的衬底 2 和其它层已经被描述为使用 InP 来制造，但是衬底 2 和其他层可以包含任何其他合适的材料，例如 GaAs、镓化铝（AlGa）、砷化镓镓化铝（AlGaInAs）等。此外，各种其他金属构造也可以被用于 p 金属和 n 金属触点。激光器操作可以是单横模或者多模操作（图 5），或者是纵向单模操作（图 6），或者是其他结合的操作装置（例如，调制器、放大器、导波器等）的组合。本领域技术人员可以理解可以对于这里描述的实施例进行各种修改，并且本发明意图包括全部这种修改和改变。

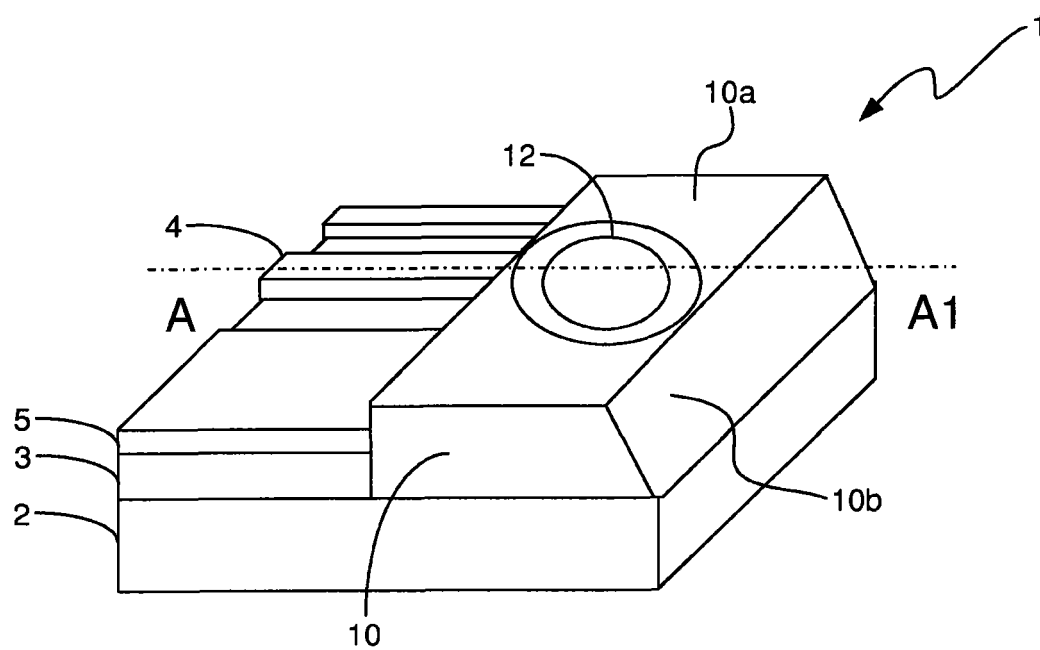


图 1

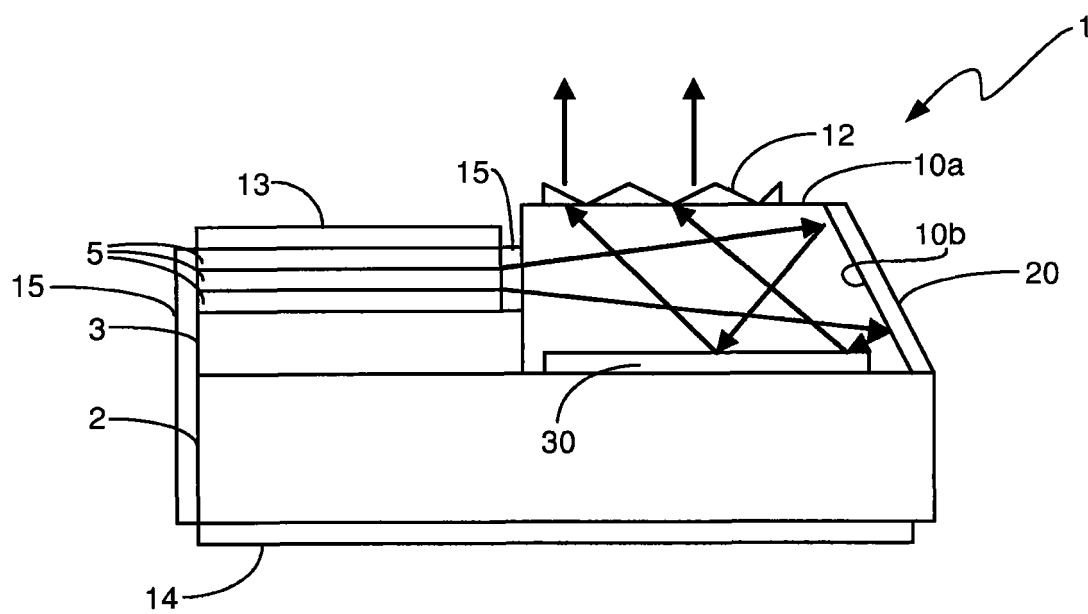


图 2

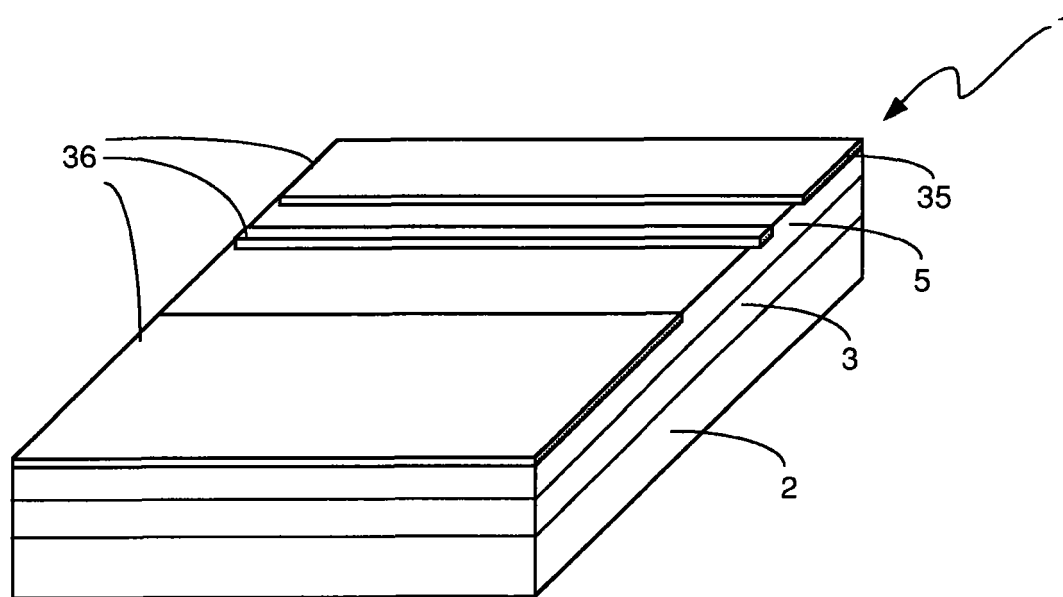


图 3A

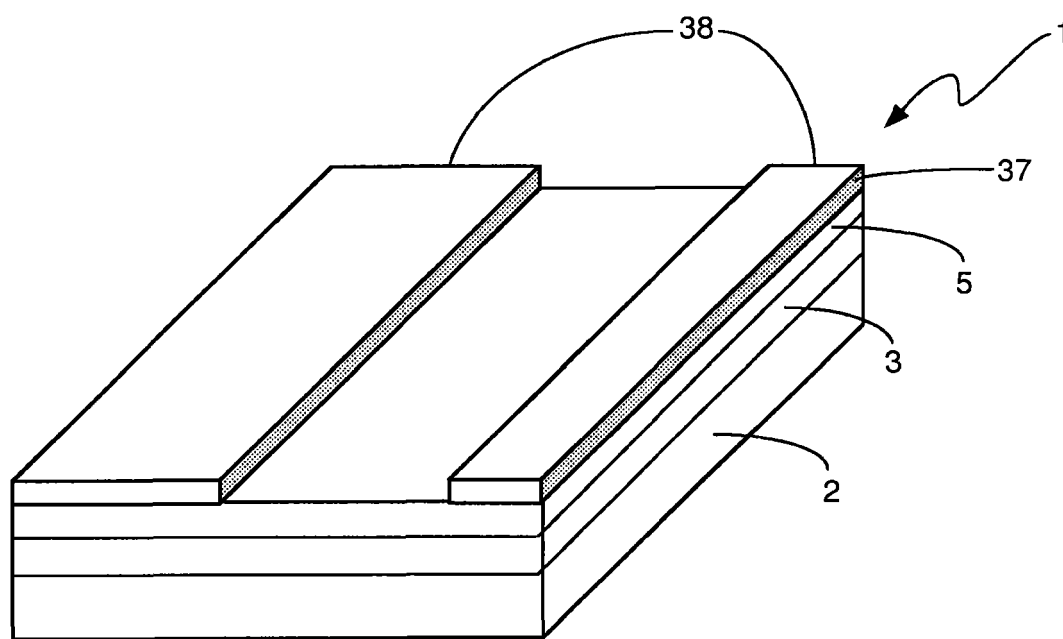


图 3B

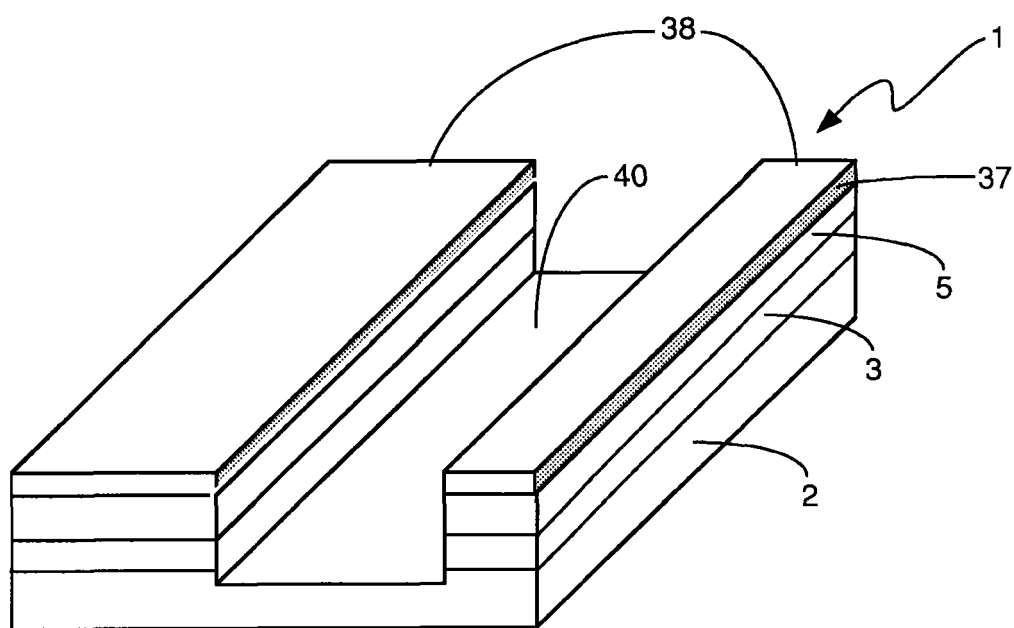


图 3C

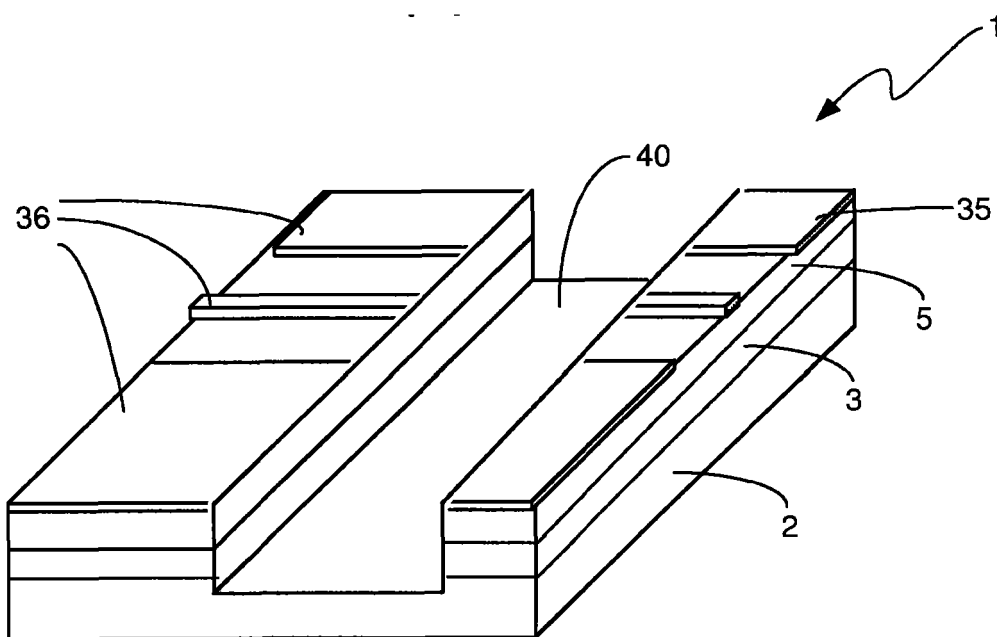


图 3D

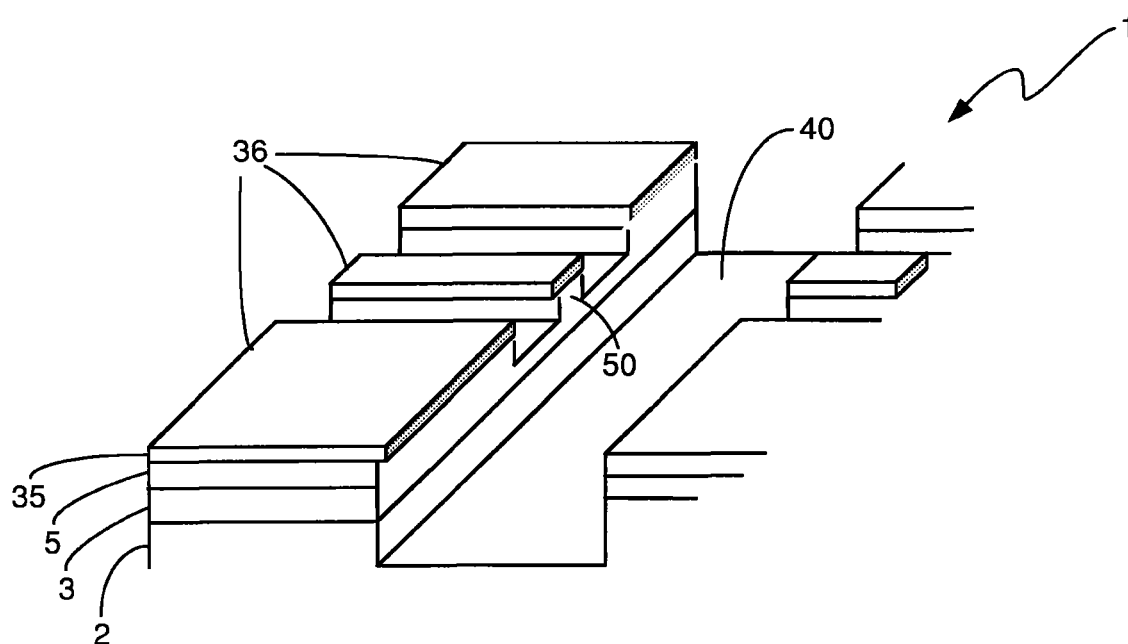


图 3E

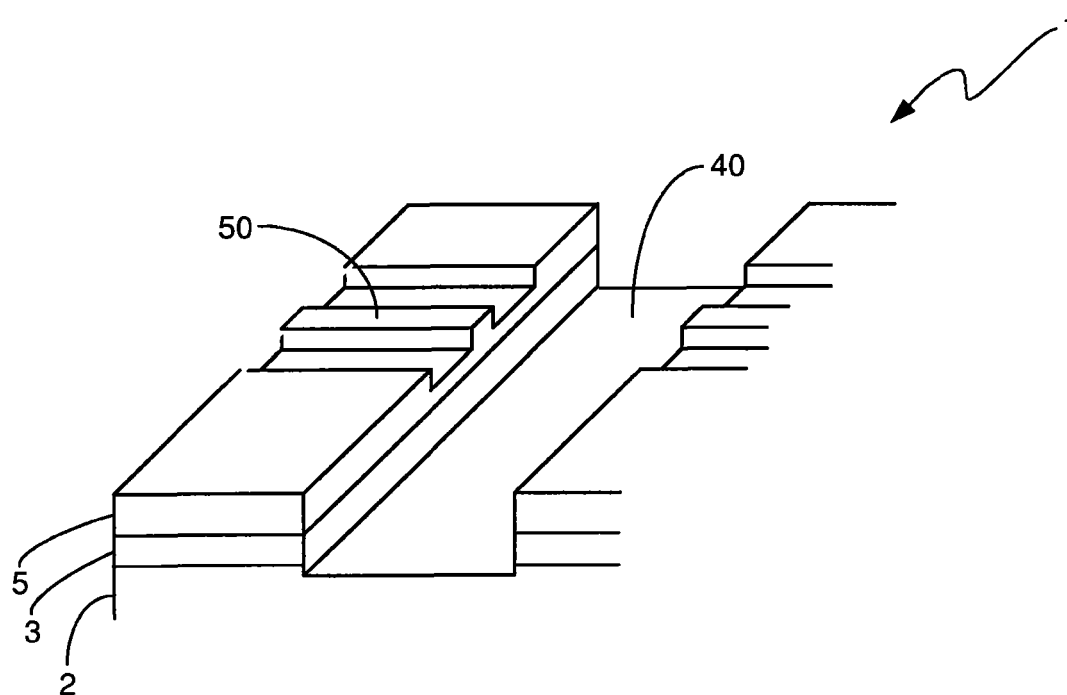


图 3F

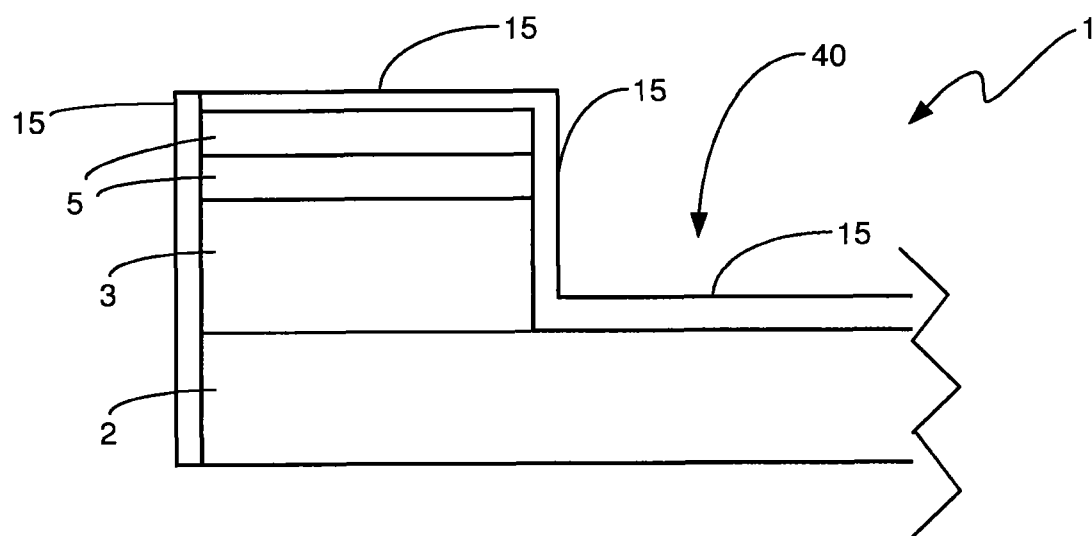


图 3G

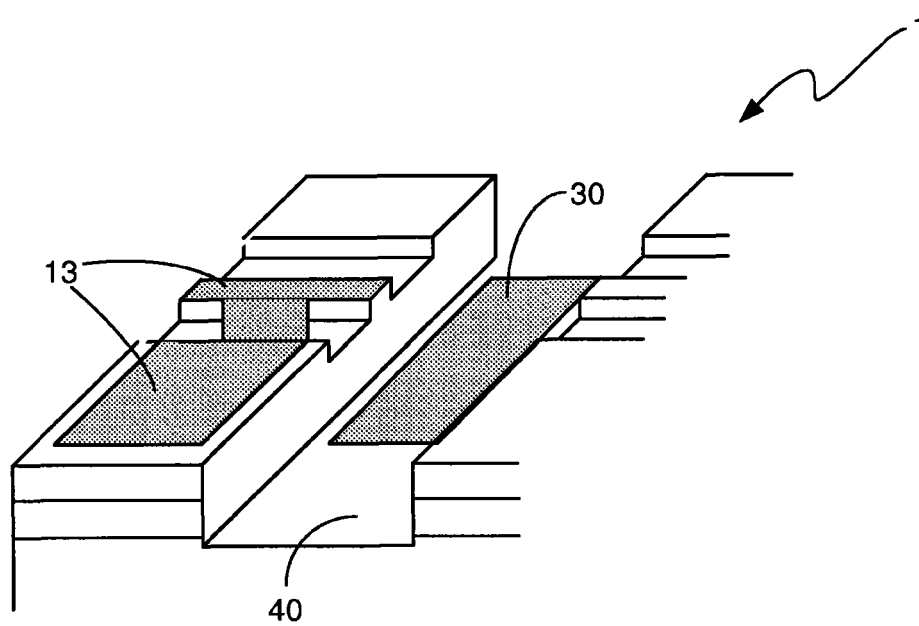


图 3H

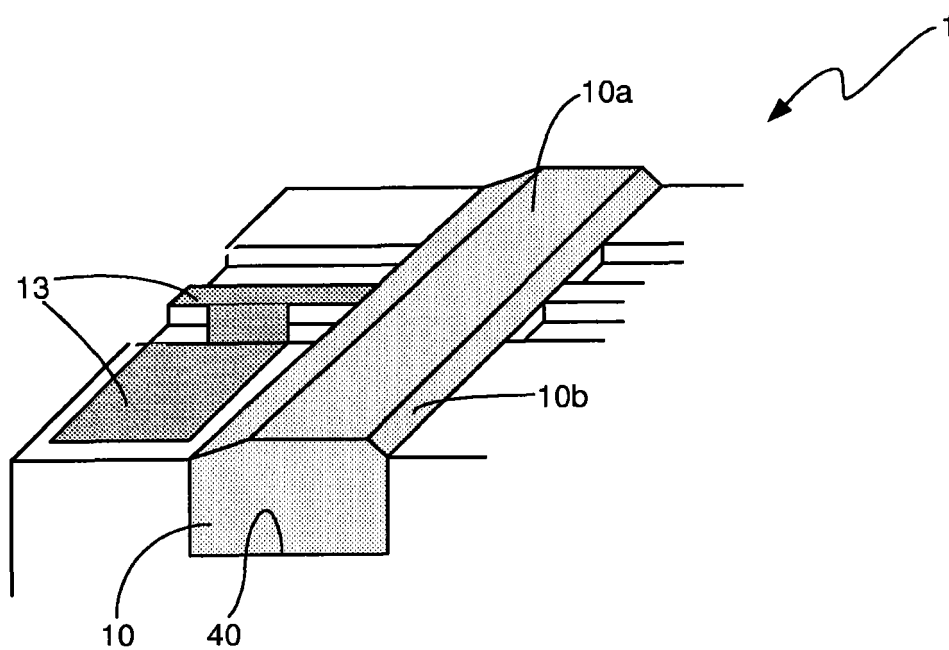


图 3I

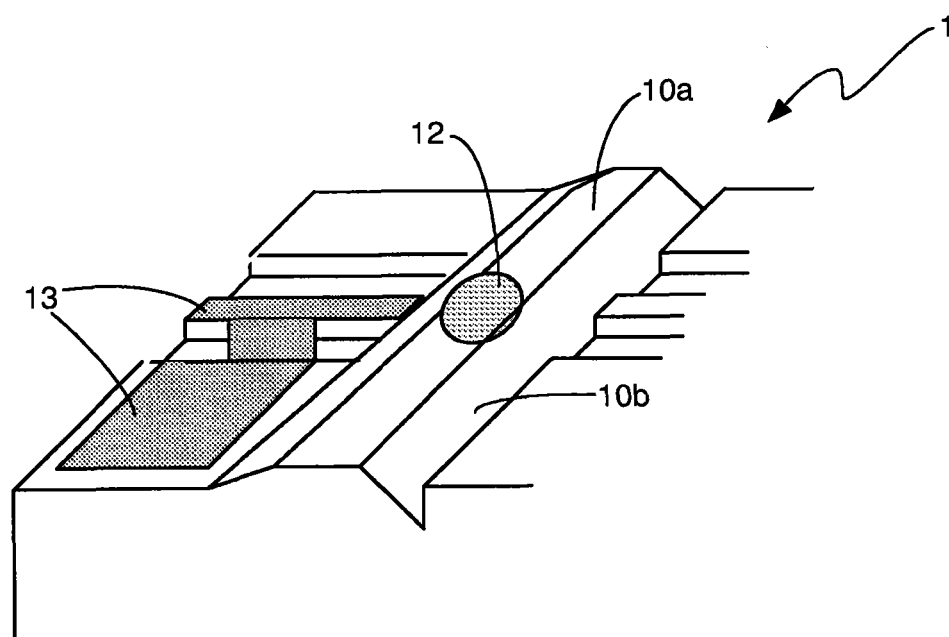


图 3J

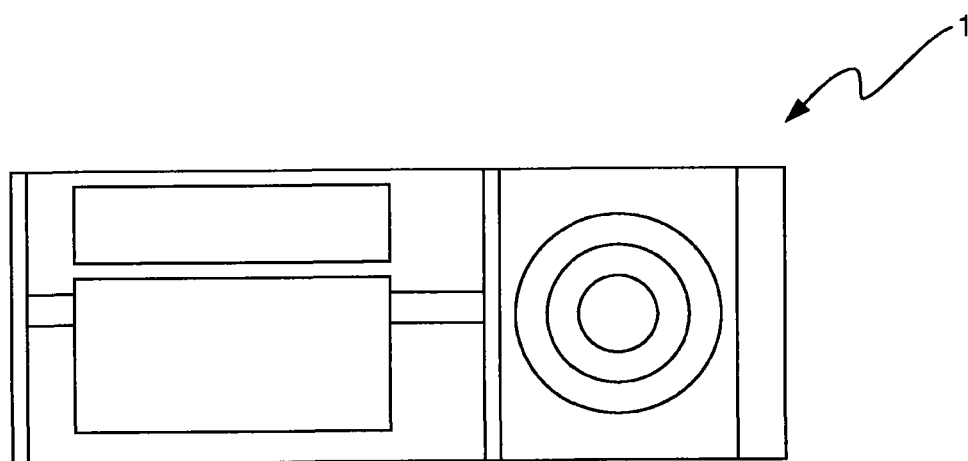


图 4

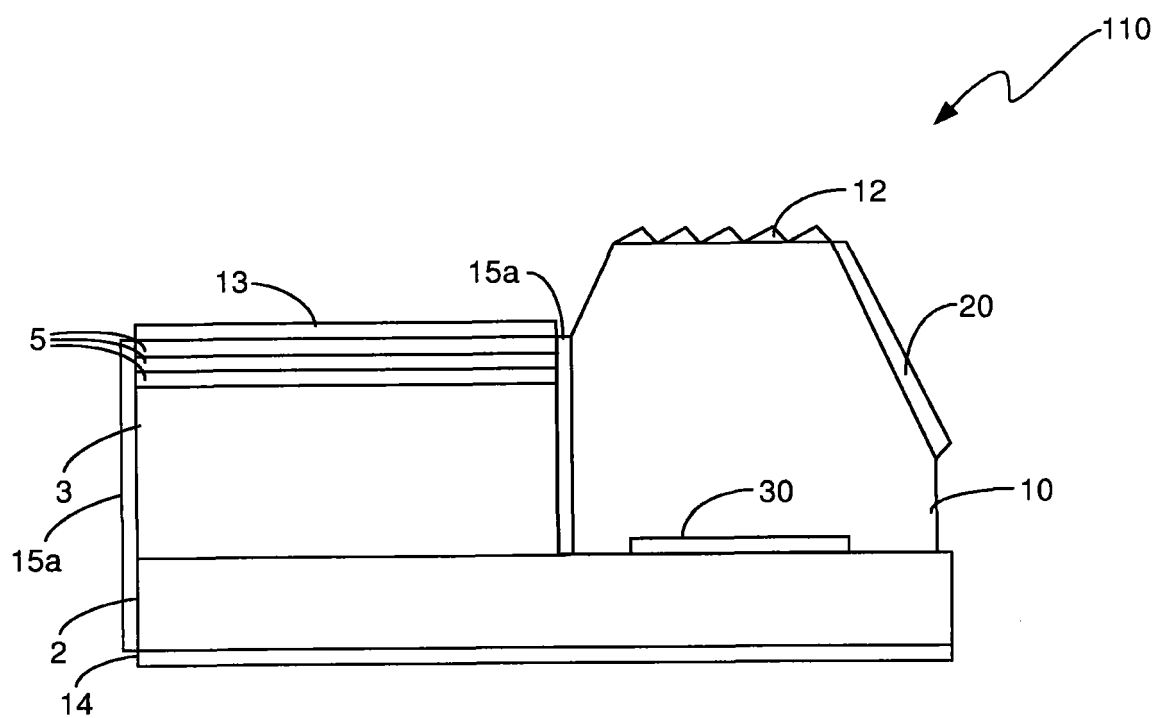


图 5

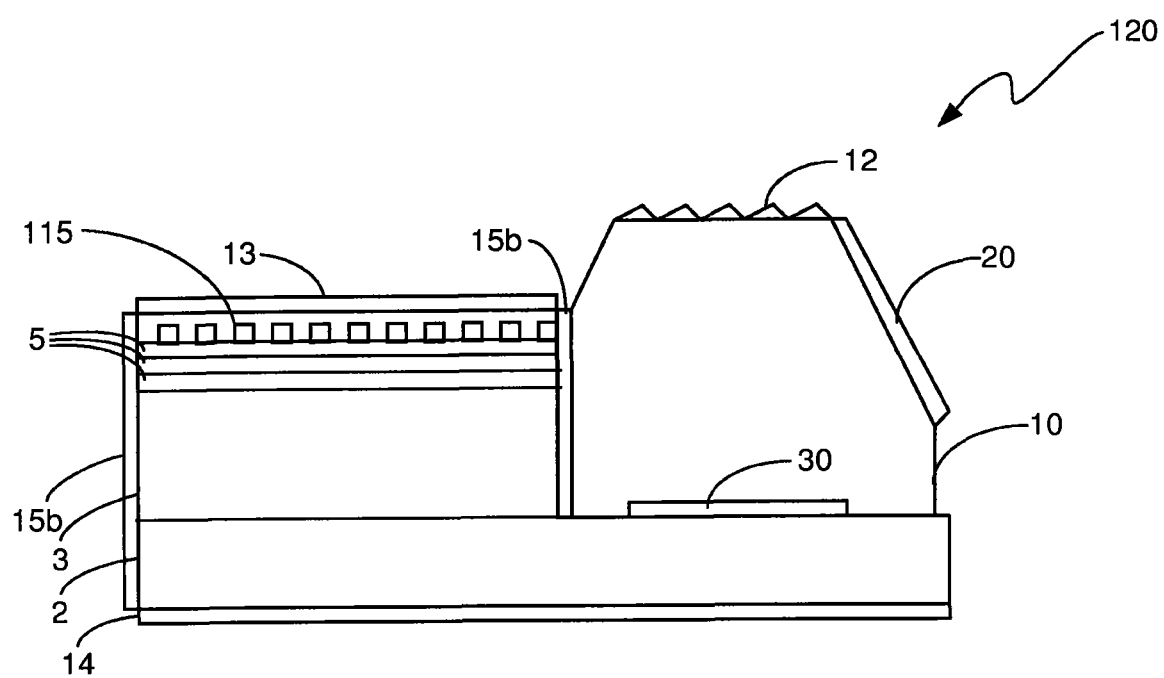


图 6