

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H01L 33/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01814019.X

[45] 授权公告日 2006 年 9 月 20 日

[11] 授权公告号 CN 1276522C

[22] 申请日 2001.7.24 [21] 申请号 01814019.X
[30] 优先权
[32] 2000. 8. 11 [33] DE [31] 10039433.7
[86] 国际申请 PCT/DE2001/002801 2001.7.24
[87] 国际公布 WO2002/015287 德 2002.2.21
[85] 进入国家阶段日期 2003.2.11
[71] 专利权人 奥斯兰姆奥普托半导体有限责任公司
地址 德国雷根斯堡
[72] 发明人 J·保尔 D·埃泽尔特
M·费雷尔 B·哈恩 V·海勒
U·雅各布 W·普拉斯
U·斯特劳斯 J·维尔克尔
U·策恩德尔
审查员 刘 微

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 苏 娟 赵 辛

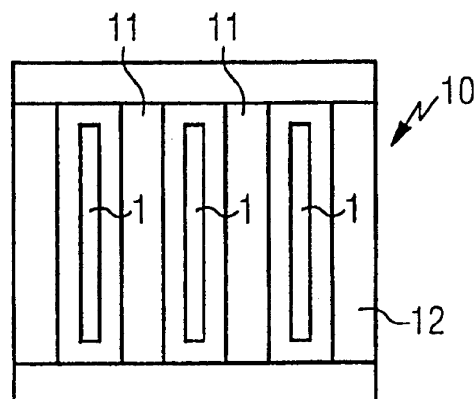
权利要求书 4 页 说明书 7 页 附图 3 页

[54] 发明名称

产生辐射的半导体芯片和发光二极管

[57] 摘要

本发明提出了高功率发光二极管用的半导体芯片(1)，其纵侧比其横侧长得多，从而明显地提高了光输出。



1. 产生辐射的半导体芯片，具有一层包括一个发射电磁辐射的区域的有源层（2）和一个该辐射能穿透的衬底（3），在该衬底上设置该有源层，该半导体芯片具有横侧（9）和纵侧（6），它们侧向界定有源区延伸方向上的半导体芯片，并通过它们输出该辐射的至少一部分，

其特征为，

- 至少一个作为输出面用的纵侧（6）在该有源区的延伸方向内比一个横侧（9）长，衬底（3）局部构成了纵侧（6）和横侧（9），并选择横侧（9）要短，以使得从该有源层的一个产生辐射的光点（7）发出的光束以小于全反射角的角度照射在由衬底（3）构成的纵侧区域上。

2. 按权利要求 1 的半导体芯片，

其特征为，

- 该半导体芯片具有一个包括有源层（2）的多层结构（27），该多层结构布置在衬底（3）上。

3. 按权利要求 1 或 2 的半导体芯片，

其特征为，

纵侧（6）和横侧（9）界定有源层（2）在其侧向内的延伸。

4. 按权利要求 1 或 2 的半导体芯片，

其特征为，

作为输出面用的纵侧（6）在有源层（2）的延伸方向上至少两倍于横侧（9）的长度。

5. 按权利要求 1 或 2 的半导体芯片，

- 其特征为，

作为输出面用的纵侧（6）在有源层（2）的延伸方向上至少具有一个横侧（9）的 10 倍的长度。

6. 按权利要求 1 或 2 的半导体芯片，

其特征为，

- 衬底（3）作成平行六面体。

7. 按权利要求 1 或 2 的半导体芯片，

其特征为，

半导体芯片朝有源层(2)对面的衬底底面呈锥形缩小。

8. 按权利要求7的半导体芯片,

其特征为,

5 衬底(3)具有一个朝有源层(2)的延伸方向倾斜的侧面, 在朝衬底底面的方向, 后接一个垂直于有源层(2)的延伸方向的侧面。

9. 按权利要求1或2的半导体芯片,

其特征为,

在该半导体芯片的表面之一上设置从一个连接面(23)引出的电流扩展桥形接片(24)。

10 10. 按权利要求9的半导体芯片,

其特征为,

分支线(25)从电流扩展桥形接片(24)分接。

11. 按权利要求2的半导体芯片,

其特征为,

15 该衬底的折射率大于该多层结构的折射率。

12. 按权利要求2的半导体芯片,

其特征为,

该多层结构含有 GaN、InGaN、AlGaN 或 InAlGaN。

13. 按权利要求1或12的半导体芯片,

20 其特征为,

该有源层含有 GaN、InGaN、AlGaN 或 InAlGaN。

14. 按权利要求1或2的半导体芯片,

其特征为,

该衬底是一个 SiC 衬底(3)。

25 15. 按权利要求2的半导体芯片,

其特征为,

多层结构(27)是外延层。

16. 按权利要求15的半导体芯片,

其特征为,

30 衬底(3)用一种外延制造多层结构(27)所用的外延衬底制成。

17. 按权利要求1所述的半导体芯片, 其特征在于, 两个纵侧被用作输出面。

18. 按权利要求 1 或 2 的半导体芯片，其特征为，该有源层(2)平行于发光二极管的载体(3)，该透明衬底(3)被设置在该有源层和该载体之间。

19. 按权利要求 1 或 2 的半导体芯片，其特征为，该光点是该有源层上离由该衬底构成的纵侧区域最远的光点。

20. 按权利要求 1 或 2 的半导体芯片，其特征为，由该光点发出的光束以小于全反射角的角度直接照射在由该衬底构成的纵侧区域上。

21. 按权利要求 1 或 2 的半导体芯片，其特征为，从光点(7)起，由衬底(3)形成的横侧(9)的区域都暴露在一个立体角 ω_a 下面，该立体角小于全反射角。

22. 按权利要求 1 或 2 的半导体芯片，其特征为，从光点(7)起，由衬底(3)形成的横侧(9)的区域都暴露在一个立体角 ω_a 下面，该立体角大于全反射角。

23. 发光二极管，它包括一个产生辐射的半导体芯片，该半导体芯片具有一层包括一个发射电磁辐射的区域的有源层(2)和一个该辐射能穿透的衬底(3)，在该衬底上设置该有源层，该半导体芯片具有横侧(9)和纵侧(6)，它们侧向界定有源区延伸方向上的半导体芯片，并通过它们输出该辐射的至少一部分，其特征为，至少一个作为输出面用的纵侧(6)在该有源区的延伸方向内比一个横侧(9)长，有两个纵侧用作输出面。

24. 按权利要求 23 的发光二极管，其特征为，

反射器(11)沿该半导体芯片的纵侧(6)延伸。

25. 按权利要求 23 或 24 的发光二极管，其特征为，该发光二极管具有一载体，在该载体上设置该半导体芯片。

26. 按权利要求 25 的发光二极管，其特征为，该有源层平行于该发光二极管的载体延伸。

27. 按权利要求 25 或 26 的发光二极管，其特征为，透过辐射的衬底被设置在该载体和有源层之间。

28. 按权利要求 23 或 24 的发光二极管，其特征为，该发光二极管被用作发光二极管元件。

29. 按权利要求 23 或 24 的发光二极管, 其特征为, 该半导体芯片是如权利要求 1 - 21 中之一所述的半导体芯片。

产生辐射的半导体芯片和发光二极管

技术领域

- 5 本发明涉及一种产生辐射的半导体芯片，该芯片具有一个包括一个产生辐射区域的有源层以及具有侧向界定该有源层的延伸方向内的半导体的横侧和纵侧。此外，本发明涉及一个用这种半导体芯片制成的发光二极管。

背景技术

- 10 这种半导体芯片可从 Song Jae lee 和 Seok Won Song 发表的题为“基于几何变形的芯片的发光二极管的有效改进 (Efficiency Improvement in Light-Emitting Diodes Based on Geometrically Deformed Chips)”的文章中得知，见 SPIE 会议录 III 关于发光二极管：研究、制造和应用，圣约瑟，加利福尼亚，1999 年 1 月，237 -
15 248 页。该文描述的一种半导体芯片的半导体本体具有一层下覆盖层、一个有源区和一层上覆盖层。在一种实施形式中，该半导体芯片做成具有一个菱形的基面。在这种菱形基面的情况下，从有源区射出的光束至少在侧面上几次全反射以后才以一个小于全射极限角的角度射到一个侧面上。由于半导体芯片的吸收，发光效率是有限的。

- 20 公知的半导体芯片用于高光功率的场合会产生许多困难。因为高的光功率需要大电流通过半导体芯片。其中，光功率和需要的电流强度之间存在一种非线性的关系。亦即需要的电流强度随光功率的增加而超比例地增加。所以横截面面积的每单位面积产生的热随半导体芯片的光功率的增加而超比例地增加。为了限制热负荷，必须通过增加
25 横截面面积来降低电流密度。因此，具体高光功率的半导体芯片一般都具有特别大的横截面面积。

- 但在半导体芯片的厚度不变的情况下，这会导致这样的后果：从产生光线的有源区的光点看去，只在一个较小的立体角下露出半导体芯片的侧面。所以，按百分率计，只有很少的光束直接射到半导体芯片的侧面上。虽然原则上可通过按比例增加半导体芯片横截面尺寸
30 的厚度，从而获得大的侧面来消除此缺陷，但由于工艺上的原因，这是难于实现的。此外，例如在市场上只能买到具有预定厚度的衬底。

发明内容

本发明的目的是，提出一种适用于高辐射功率的半导体芯片来改善半导体芯片内产生的辐射的输出。此外，本发明的目的是提出一种具好改善辐射效率的发光元件。

- 5 根据本发明，这个目的是通过至少一个作为输出面用的半导体芯片的纵侧在有源区的延伸方向内比一个横侧长来实现的。

为了获得一个适用于高光功率的半导体芯片，首先需要选用很大的侧向横截面来散掉产生的损耗热量。这里所谓的横向横截面是指一个沿着有源区延伸的横截面的面积。特别是在一种具有很小导热率的材料时，该横向横截面必须选择得很大，才能导散在有源区内产生的损耗热量。通过纵侧相对于横侧的延长可影响横截面面积与侧面积之和的比例。特别是通过纵侧相对于横侧的延长可降低横截面面积与侧面积之和的比例。这样横截面面积与光线输出的侧面积之和的比例就变得有利得多。所以与纵侧和横侧同等延长的情况比较，从有源区看去，纵侧暴露在一个较大的立体角下面。因而直接射到一个侧面上的辐射的百分率较高，辐射在半导体芯片中通过的光程也因此变得较短。所以辐射中途被一个侧面吸收的几率较小。

由于这些原因，纵侧比横侧长的半导体芯片在相同横截面面积时比具有相同长度侧面的半导体芯片具有较好的辐射效率。

- 20 在一个优选的实施形式中，有源区位于一个有源层内，该有源层布置在一个辐射能穿透的衬底上，该衬底朝该有源层对面的衬底的基面方向呈锥形缩小。

由于从有源层发出的辐射可通过辐射能穿透的衬底，而且一般都在一个小于全反射角的角度下入射到倾斜的纵侧上，所以从有源层看去，侧面被暴露在一个增大的立体角下面，从而导致特别高的发光效率。

附图说明

下面结合附图来详细说明本发明。

- 30 图 1a 和 b 本发明半导体芯片的一个横截面和一个纵截面的示意图；

图 2a 和 b 一只发光二极管的横截面和一只发光二极管的俯视图的示意图，该发光二极管装有图 1a 和 b 的半导体芯片；

图 3a 和 b 另一只发光二极管的横截面和另一只发光二极管的俯视图的示意图, 该发光二极管配有图 1a 和 b 的半导体芯片;

图 4 一个设置了一层接触层的半导体芯片的示意放大俯视图;

图 5 另一个半导体芯片的横截面示意图;

5 图 6 一种变型的半导体芯片的一个横截面示意图;

图 7 另一个变型的半导体芯片的一个横截面示意图。

具体实施方式

图 1a 表示一个具有一层有源层 2 的半导体芯片 1 的横截面。有源层 2 一般为一层含有一个辐射区的导电层或最好在一个多层结构内的层序列。有源层 2 设置在一个衬底 3 上, 来自有源层 2 的辐射可以穿
10 透该衬底。此外, 还有例如作为接触层用的一层下覆盖层 4 和一层上覆盖层 5。半导体芯片 1 具有纵侧 6。

该衬底一般被一种介质包围, 这种介质的折射率比该衬底的折射率小。由于在衬底侧面上例如图 1a 中纵侧 6 上的全反射, 所以只有那些在一个小于从衬底过渡到相邻介质时的全反射极限角的角度下从衬
15 底射到侧面上的光线才可通过侧面。这个角度在下面也简称为全反射角。

所以, 在输出到一个衬底侧面上时, 从一个光点发出的光束必须在一个光出射锥体中延伸, 该锥体的中轴线是通过该光点延伸的衬底侧面的平面垂线。该光出射锥体的张角是全反射角的二倍。当从光点
20 发出的光束在这个光出射锥体之外延伸时, 则这些光束便全反射在相应的衬底侧面上。

在图 1a 所示的情况中, 从有源层 2 的一个发出辐射的光点 7 起, 由衬底 3 形成的纵侧 6 的区域都暴露在一个立体角 ω_1 下面。这个立体
25 角 ω_1 如此之大, 以致全部从光点发出的并在位于衬底 3 中的光出射锥体 8 的部分以内延伸的光束都射到纵侧 6 上并输出。

图 1b 表示半导体芯片 1 的纵截面。从光点 7 起, 由衬底 3 形成的横侧 9 的区域都暴露在一个立体角 ω_2 下面。立体角 ω_2 比立体角 ω_1 小得多, 从光点 7 起, 纵侧 6 暴露在立体角 ω_1 下面。特别是 ω_1 如此之小,
30 以致在位于衬底中的光出射锥体部分内延伸的、可输出的光束的一部分射到下覆盖层 4 上而不被输出。

虽然原则上可把衬底 3 的厚度增加到使光出射锥体 8 以内的全部

光束都射到横侧 9 上。但由于实际原因,这种可能性受到了很大的限制,因为市售的衬底 3 都是预先给定了厚度的,所以不可能任意选择衬底 3 的厚度。因此,如果纵侧 6 选择得尽量长一些,乃是有好处的。此外,横侧 9 应至少选择这样短,使在光出射锥体 8 中位于离一个纵侧 6 最远的光点发出的光束可直接射到该纵侧 6 上。通过纵侧 6 相对于横侧 9 的增加可获得侧面积与有源面积的有利比例。这里所谓的有源面积是指有源层 2 的面积。在相同有源面积的情况下,在纵侧 6 和横侧 9 的长度不同时的侧面积与有源面积之比大于在纵侧 6 和横侧 9 的长度相同时的侧面积与有源面积之比。

在衬底中的光出射锥体 8 的部分以内延伸的光束可无阻碍地射到纵侧 6 上以及侧面积与有源面积的有利比例这一事实导致了这样的结果:半导体芯片 1 具有通过大电流负荷的能力而又同时具有良好的辐射输出的特点。

图 2a 和 b 分别表示一个装有半导体芯片 1 的发光二极管元件 10 的横截面和俯视图。纵向延伸的半导体芯片 1 平行并排布置、其纵侧的长度与横侧的长度之比至少为 10:1,所以总体上讲,发光二极管 10 具有一个大致呈方形的基面。在这些半导体芯片 1 之间设置有隔离壁 11。半导体芯片 1 和隔离壁 11 用一个管座 12 盖住。半导体芯片 1、隔离壁 11 和管座 12 布置在一个共同的载体 13 上并由一个例如用一种塑料制成的透镜体 14 覆盖。

隔离壁 11 和管座 12 用来把半导体芯片 1 侧向发射的辐射离开载体 13 偏转到透镜体 14 中。通过隔离壁 11 特别防止了从半导体芯片 1 之一发出的辐射被相邻的半导体芯片之一吸收。

图 3a 和 3b 表示另一个实施形式的一个发光二极管元件 5,此时中间的半导体芯片被一个宽的隔离壁 16 代替,该隔离壁在其上侧具有压焊丝 18 的一个接触面 17。压焊丝 18 从接触面 17 引到半导体芯片 1 上的接触面 19。

为了把从半导体芯片 1 发射的辐射聚焦在一个背离载体 13 的发射方向内,发光二极管 15 具有一个透镜体 22,该透镜体配有两个透镜状的凸起并覆盖半导体芯片 1。

图 4 表示用于发光二极管元件 10 或 15 的半导体芯 1 之一的放大俯视图。从该图中可特别清楚地看出接触面 19 的详细结构。接触面 19

具有一个中心连接面 23, 例如压焊丝连接用的一个压焊面, 从该处分出具有分支线 25 的接触线路 24。接触线路 24 沿半导体芯片 1 的周边构成框架状。接触线路 24 的这种结构保证了有源层 2 上的电流的均匀分布。此外, 通过接触线路沿着半导体芯片 1 的周边的这种框架结构, 5 避免了电位波动。

图 5 表示另一个变型的半导体芯片 26 的横截面。这里的半导体芯片 26 具有一个包括有源层 2 的多层结构 27。多层结构 27 设置在一个辐射能穿透的衬底 3 上并在背离衬底 3 的一侧上被一个上电极 28 覆盖。在这个电极 28 对面的该衬底设置了一个下电极 29。

10 与多层结构 27 邻接的一侧上, 衬底 3 具有倾斜的侧面 6, 该斜侧面与多层结构 27 的垂线形成一个倾斜角 θ 。沿下电极 29 的方向, 这些倾斜的固定的侧面过渡成垂直于多层结构 27 或垂直于有源层 2 布置的侧面。

在衬底的折射率大于多层结构的折射率时, 衬底 3 的倾斜侧面 6 15 的倾角 θ 最好大于由多层结构 27 和衬底 3 构成的界面 31 的临界角(该临界角的值等于从衬底 3 过渡到多层结构 27 的全反射角的值)。通过这种造型明显地增加了光出射锥体 8 的立体角。所以, 在图 5 所示半导体芯片 26 时, 纵侧 6 比横侧 9 的增加也产生特别有利的作用。

多层结构例如可以是一种 GaN 基的半导体结构。作为半导体材料 20 GaN、AlGaN、InGaN、InAlGaN 是特别适用的。这种多层结构通常用外延法制成。

根据本发明, 多层结构 27 最好生长在一种辐射能穿透的衬底上, 半导体芯片的衬底 3 也用这种衬底制成。SiC 衬底特别适用作外延衬底, 这种衬底具有良好的辐射穿透性和导电性。特别是, SiC 的折射率 25 大于 GaN 基的多层结构的折射率。这样, 在有源层产生的辐射进入该衬底时就不会产生全反射。

与下电极 29 邻接的衬底 3 的区域最好呈立体方形或方形。通过与这个区域内相互正交或平行的界面的这种造型简化了半导体芯片的安装。特别是, 在用为安装常规的方形或立方形的芯片设计的自动装配 30 设备时, 尤其如此。

图 6 和 7 分别表示本发明的另一种实施例, 它们由于衬底 3 的特殊造型而同样具有高的输出率。在图 6 所示的实施例中, 衬底 3 与界

面 31 对面的纵侧首先夹成一个锐角 β 。纵侧 6 朝下电极 29 的方向不断延伸。纵侧 6 构成凹面并连续过渡以一个最好为方形或立方形的短墩 30。

在图 7 所示实施例中，取消了短墩 30 的造型。衬底 3 的整个厚度呈锥形缩小。

应当指出，原则上倾斜的纵侧 6 也可由相互错开布置的部分面构成一个菲涅耳透镜。在这种情况下，至少应注意保持半导体芯片 1 的矩形横截面的平面图。

还应当指出，半导体芯片 1 或 26 的平面图不必为矩形，半导体芯片 1 或 26 的平面图也可具有倾斜的平行四边形、梯形或多角形的形状。

对半导体芯片 1 和 26 相对于一个具有方形平面的常规芯片在发光效率方面的提高曾经进行过详细计算，其结果如下。

例 1

一个 In GaN 半导体芯片具有一个增大 4 倍的有源面积。估算结果可从表 1 得知。表中最后三列分别给出了相对于标准芯片总输出的输出辐射的百分数。

表 1

类型	横截面面积×高	电流	前侧	侧面	总和
标准芯片=基准	250×250 微米 ² ×250 微米	50 毫安	50%	50%	100%
大型芯片	750×750 微米 ² ×250 微米	450 毫安	450%	150%	600%
矩形芯片	250×2250 微米 ² ×250 微米	450 毫安	450%	250%	700%

例 2

具有倾斜侧边的图 5 所示芯片 26 与其他芯片的比较值如表 2 所示。其中的输出辐射的百分数是相对于表 1 给出的标准芯片的总输出而言的。

表 2

类型	横截面面积×高	电流	前侧	侧面	总和
标准芯片	250×250 微米 ² ×250 微米	50 毫安	50%	150%	200%
大型芯片	750×750 微米 ² ×250 微米	450 毫安	450%	400%	850%
矩形芯片	250×2250 微米 ² ×250 微米	450 毫安	450%	1100%	1550%

与相同面积的大型芯片比较,图 5 所示的半导体芯片 26 提高了 1.8 倍,而图 1a 和 1b 所示的半导体芯片 1 则大致增加了 15%。所以,纵侧 6 相对于横侧 9 的延长可明显提高发光效率。

- 应当指出,这里提出的考虑也适用这样的半导体芯片,即其有源
- 5 面积具有相同长度的横边和纵边,且其衬底具有纵长的形状。特别是,为了导散在有源区产生的损耗热量,有源层本身应具有足够良好的导热率;与此相反,当衬底具有不良的导热率时,则需要大的横截面面积。

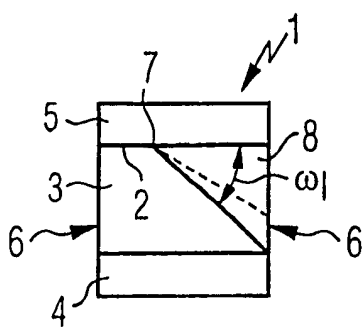


图 1a

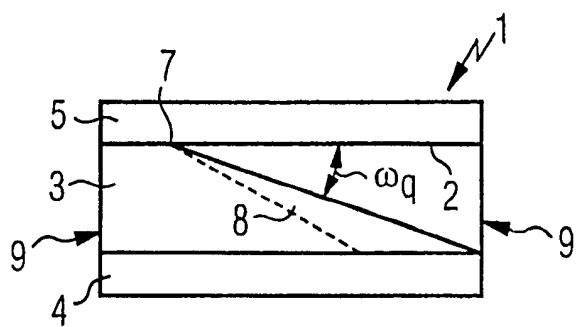


图 1b

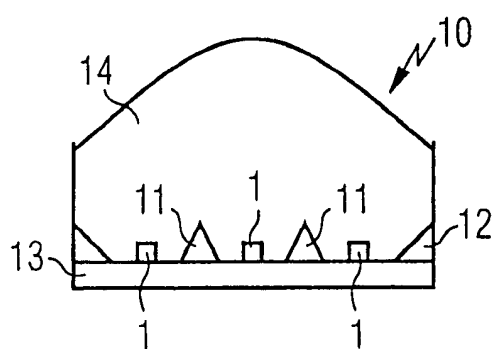


图 2a

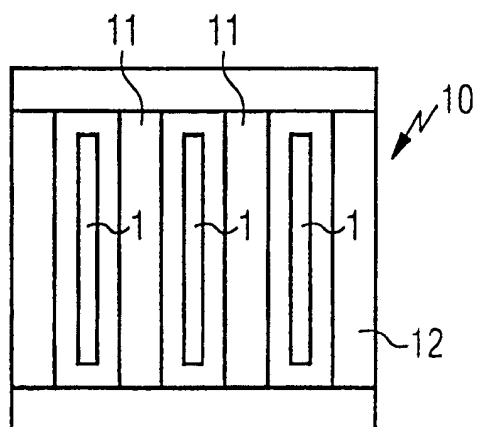


图 2b

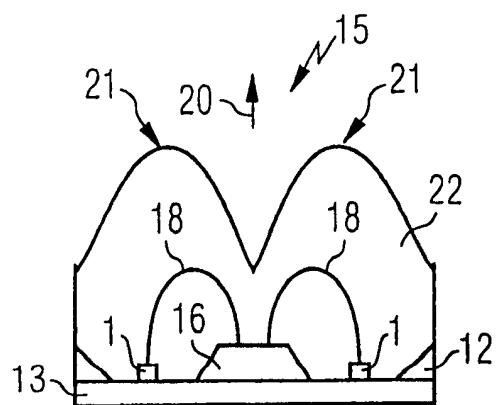


图 3a

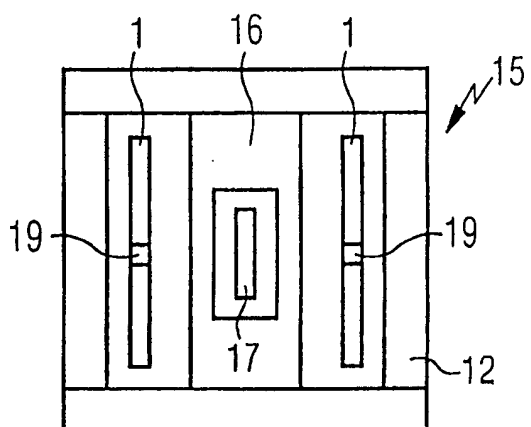


图 3b

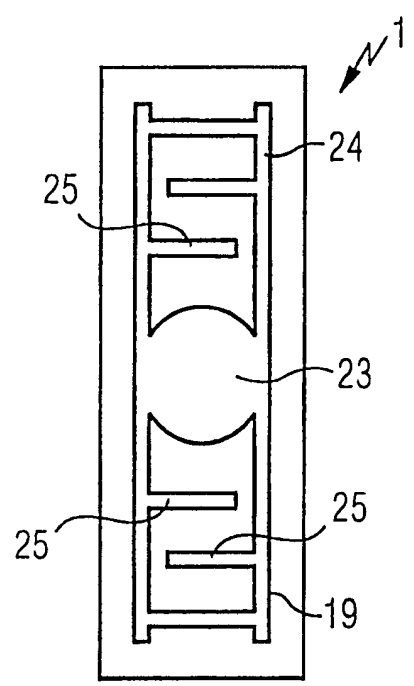


图 4

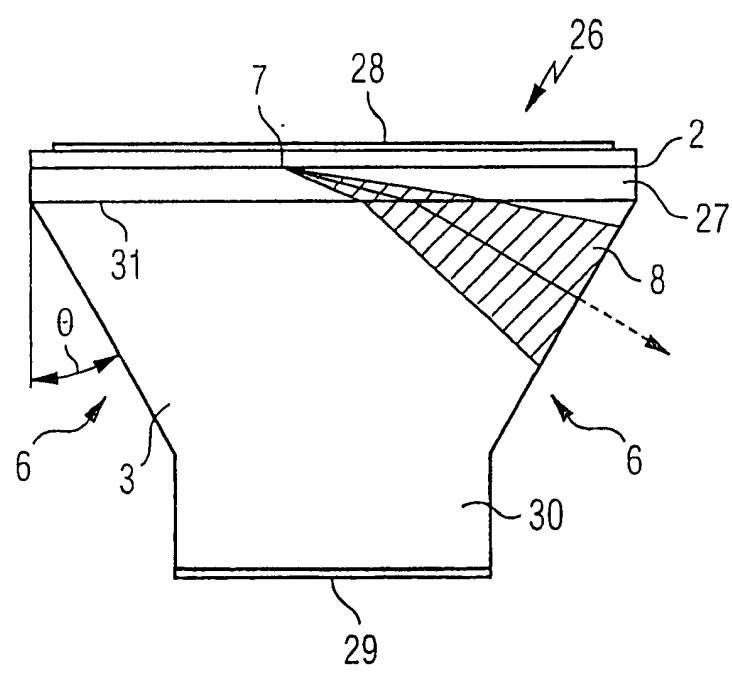


图 5

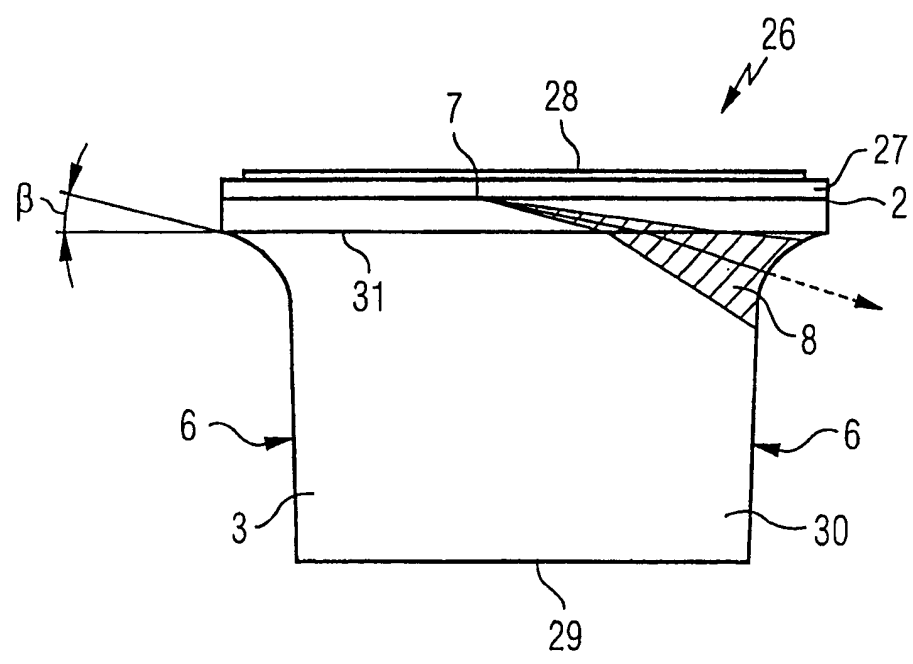


图 6

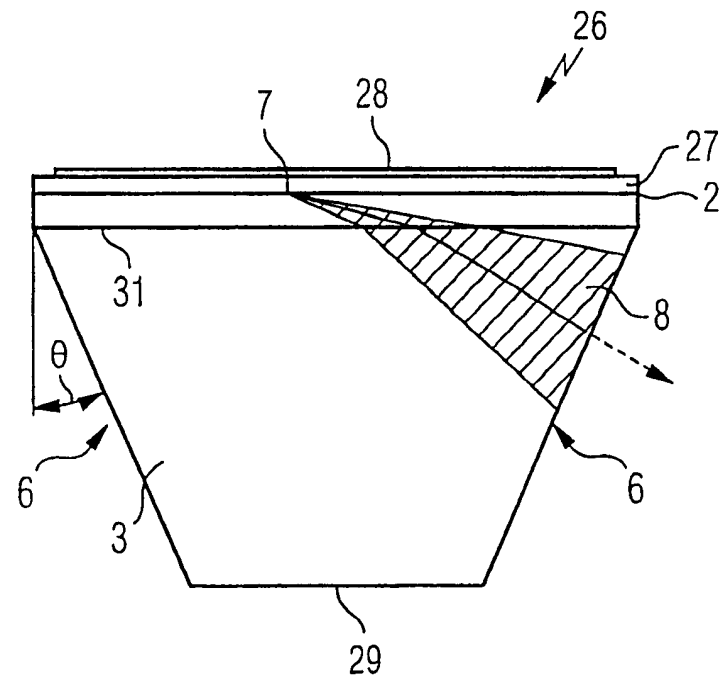


图 7