



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 98802408. X

[45] 授权公告日 2004 年 4 月 21 日

[11] 授权公告号 CN 1146736C

[22] 申请日 1998.2.6 [21] 申请号 98802408. X

[30] 优先权

[32] 1997.2.7 [33] GB [31] 9702579.5

[86] 国际申请 PCT/GB1998/000384 1998.2.6

[87] 国际公布 WO98/35250 英 1998.8.13

[85] 进入国家阶段日期 1999.8.9

[71] 专利权人 布克哈姆技术公共有限公司

地址 英国牛津郡

[72] 发明人 A·G·里克曼 A·P·R·哈平
R·J·R·莫里斯 M·阿斯加里

审查员 曾楠

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

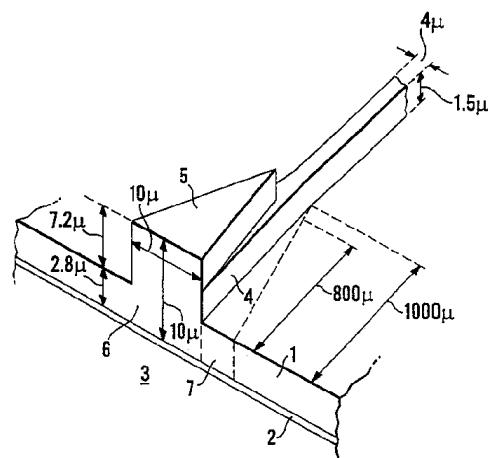
代理人 王勇 陈景峻

权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 3 页

[54] 发明名称 楔状肋形波导

[57] 摘要

一种楔状肋形波导，从大的多模光波导向较小的单模光波导逐渐变窄，该楔状肋形波导包括由同种材料形成的两个部分(4, 5)：从大波导向较小波导横向逐渐变窄的下部(4)，和形成在所述下部(4)上的上部(5)，该上部变窄为一点(或以其他形式终止)，两部分(4, 5)的尺寸设置成基本上所有在大的多模波导中传播的基模耦合到较小的单模波导中。



1. 一种楔状肋形波导，从大的多模光波导向小的单模光波导逐渐变窄，该楔状肋形波导包括至少两个由同种材料形成的部分：在从大波导向小波导方向上向内横向逐渐变窄的下部，以及形成在所述下部上的上部，该上部在从大波导向小波导方向上向内变窄为一点，两部分的尺寸设置成所有在大的多模波导中传播的基模耦合到小的单模波导中，所述小的单模波导在尺寸上小于大的多模光波导。

2. 如权利要求 1 所述的楔状肋形波导，其中上部和下部的形状由垂直面限定。

10 3. 如权利要求 1 所述的楔状肋形波导，其中上部的变窄部分形成在下部变窄部分的上方。

4. 如权利要求 1 所述的楔状肋形波导，其中上部和下部每个具有恒定的高度。

15 5. 如权利要求 1 所述的楔状肋形波导，其中上部和下部以相对波导轴的小于 1 度的角度横向逐渐变窄。

6. 如权利要求 1 所述的楔状肋形波导，其中大波导截面尺寸在宽 7-12 微米、厚 7-12 微米的范围内。

7. 如权利要求 1 所述的楔状肋形波导，其中小波导截面尺寸在宽 2-5 微米、厚 4-5 微米的范围内。

20 8. 如权利要求 1 所述的楔状肋形波导，其中上部和下部以相同构造形成。

9. 如权利要求 1 所述的楔状肋形波导，具有介于上部和下部之间的另一楔状部分，从而楔状是从大波导到中间尺寸波导然后到小波导分段实现的。

25 10. 如权利要求 1 所述的楔状肋形波导，其中邻近肋型波导下部的板的楔状部分也被去掉。

11. 如权利要求 1 所述的楔状肋形波导，形成在硅-绝缘体芯片上。

30 12. 如权利要求 11 所述的楔状肋形波导，与 V 形槽对齐，以便放置光纤，使得光纤处于将光输入波导的输入面的位置。

13. 如权利要求 11 或 12 所述的楔状肋形波导，形成在一部分芯片上，该部分伸出在形成于芯片上的 V 形槽端部之上。

14. 如权利要求 1 所述的楔状肋形波导，其中上部形成为分离结构的一部分，该分离结构与小单模波导对齐安装。

15. 如权利要求 14 所述的楔状肋形波导，其中下部和上部形成为分离结构的一部分，该分离结构与小单模波导对齐安装。

5 16. 如权利要求 1 所述的楔状肋形波导，其中上部和/或下部由与小单模波导不同的材料形成。

17. 如权利要求 16 所述的楔状肋形波导，其中上部和下部由生长在基质上的材料形成，在所述基质上形成有小单模波导。

10 18. 如权利要求 16 所述的楔状肋形波导，其中上部和下部由沉积在基质上的材料形成，在所述基质上形成有小单模波导。

19. 如权利要求 16 所述的楔状肋形波导，其中上部和下部由旋转涂敷在基质上的材料形成，在所述基质上形成有小单模波导。

20. 如权利要求 1 所述的楔状肋形波导，在光纤与小的单模波导之间提供耦合，所述小的单模波导是集成光波导。

楔状肋形波导

技术领域

5 本发明涉及一种楔状肋形波导，用于提供从相对大截面的光波导到较小截面的光波导的过渡。

背景技术

集成光路使用光波导沿着光路传输光和连接到外部的光波导例如光纤上。集成光波导和/或光纤可能截面尺寸不同，所以需要一种提供从相对大截面的光波导向相对小截面光波导过渡的装置。已经提出了用于这一目的的各种装置，但是这些装置倾向于相对复杂和/或难以制造。

15 US-A-5078516 公开了一种由低折射率基质和高折射率肋构成的单模楔状肋形波导。在肋的宽部分，光功率集中在肋上，而在窄部分，光功率更松散地限制在基质内。

发明内容

本发明的目的在于提供一种结构相对简单和相对容易制造的楔状肋形波导，该波导用于提供从大截面向较小截面的低损耗过渡。

应该注意这里使用的词语例如“上”、“下”、“横向”等等是相对含义，即相对于附图中所示的装置的方位而言的，而不是指任何相对于重力方向的取向。

根据本发明的第一方面，提供了一种楔状肋形波导，从大的多模光波导向小的单模光波导逐渐变窄，该楔状肋形波导包括至少两个由同种材料形成的部分：在从大波导向小波导方向上向内横向逐渐变窄的下部，和形成在所述下部上的上部，该上部在从大波导向小波导方向上向内变窄为一点，两部分的尺寸设置成所有在大的多模波导中传播的基模耦合到小的单模波导中，所述小的单模波导在尺寸上小于大的多模光波导。

附图说明

30 现在将参考附图进一步描述本发明，只是以举例方式。其中图 1 示出了根据本发明的楔状肋形波导的最佳实施例的透视图；图 2A 是根据本发明的楔状肋形波导的另一实施例的平面示意

图，图 2B 是它的截面图；以及

图 3A 和 3B、4A 和 4B 以及 5A 和 5B 示出了根据本发明的楔状肋形波导的三个其他实施例的平面示意图和侧视图。

具体实施方式

5 附图示出了从大约 10 微米 × 10 微米的大尺寸多模波导向大约 4.3 微米 × 4 微米的较小单模波导逐渐变窄的楔状肋形波导。

所述波导是形成在硅层例如硅-绝缘体芯片的上表面上的肋的形式。硅-绝缘体芯片最好用普通晶片制造，例如用于超大规模集成 (VLSI) 电子电路的晶片。论文 “Reduced defect density in
10 silicon-on-insulator structures formed by oxygen implantation in two steps” (作者 J. Morgail et al, 发表在《应用物理通讯》54 卷, 第 526 页, 1989 年) 描述了适用晶片的制造。在硅-绝缘体芯片上制造肋形波导的方法在论文 “Low loss single mode optical waveguides with large cross-section in
15 silicon-on-insulator” (作者 J. Schmidtchen et al, 发表在《电子通讯》第 27 卷, 第 1486 页, 1991 年) 中进行了描述。

附图示出了形成在这种芯片的硅层 1 上的肋形波导并示出了把硅层 1 与硅基质 3 分开的氧化层 2。在肋上通常还设置二氧化硅包层(未示出)。

20 图中示出的楔状肋形波导包括两部分：下部 4，在大约长度 1000 微米上从大约宽度 10 微米横向逐渐变窄为大约宽度 4 微米；和上部 5，它形成在下部 4 上，在大约长度 800 微米上从大约宽度 10 微米逐渐变窄为一点。这样上部 5 变窄比下部 4 快，而且在示出的实施例中从上面看时具有三角形的楔形形状。然而两部分都设计成基本上绝热的楔形。
25

在另一结构中(未示出)，上部 5 和下部 4 以同一角度逐渐变窄，所以两部分的边彼此平行。在这种情况下，上部 5 的宽端比下部 4 的宽端窄。

上部 5 和下部 4 较好以小于 1 度最好小于 0.5 度的角度(相对波导的轴)逐渐变窄。这样渐变的楔形确保由于楔形引起的任何损失保持较小。上部 5 变窄为一点或者以其他形式终止。在图 1 所示的结构中，上部 5 的变窄部分形成在下部 4 的变窄部分之上。

两部分 4 和 5，包括输入面 6，可以通过常规的光刻法和干蚀法一起形成，因为它们由垂直面限定。它们由同种材料形成，因此折射率相同。两部分可以相同构造形成在芯片上。或者，可以单独形成上部 5 并安装在下部 4 上。

5 上部 5 和下部 4 的上表面基本上平行于芯片平面，即上部 5 和下部 4 每一个都有一个高于芯片表面的基本恒定高度（在所示的例子中分别为 7.2 微米和 1.5 微米）。

10 这样，图中所示的楔状肋形波导提供二维楔形，横向方向的楔形由波导实际变窄提供，垂直方向（即垂直于芯片平面方向）的楔形通过横向变窄的上部 5 提供。因此避免了与形成垂直楔状波导有关的问题，即如同一些现有技术中使用的由非垂直表面限定的垂直楔状波导。

15 楔状肋形波导的形状和尺寸是这样的，即如果大的多模波导只在基模下受激，随着波导的截面形状是从较大波导的截面形状逐渐变为较小波导的截面形状的，这一模式被迫向下进入较小的单模波导。上部 5 的有效折射率是随着它变窄逐渐减小的。这使得该模式进入波导的下部 4。应该注意楔状肋形波导不需要两部分之间有折射率差，或者用于保持较大波导的单模操作。如上所述，10 微米 × 10 微米的较大波导是多模波导，但是如果仅是在它的轴上被基模激励，例如来自光纤，那么较高级模式的功率可以忽略。

20 硅波导与二氧化硅包层（未示出）之间的较大折射率差有助于确保上部 5 的有效折射率被足够抑制，以便在到达最窄的部分之前将光模基本上全部传导到下部 4 内。这样，如上所述，上部 5 不需要变窄为一点，以便可以避免在上部 5 的窄端制造非常窄的部分的困难。

25 根据肋形波导的常规要求和适合于把基本上所有在大尺寸多模波导中传播的基模耦合到较小单模波导的尺寸的要求，选择两部分 4 和 5 的尺寸。

具有如图所示尺寸的典型例子在两个波导之间提供低损耗耦合（通常 0.1 dB 或更少）。

30 这里描述的楔状肋形波导可以用于提供不同尺寸波导之间的过渡，尤其是从光纤到较小集成波导的过渡。较大波导通常截面尺寸在宽 7-12 微米，厚 7-12 微米（这样与常规光纤相一致）的范围内，较

小波导通常截面尺寸在宽 2-5 微米，厚 4-5 微米（这样与常规的集成光波导相一致）范围内。如图 1 所示，厚度是从氧化层 2 开始算起。

如上所述，输入面 6 可以通过干刻蚀形成，不需要锯切或抛光。面 6 可以垂直于波导轴或与之成角度。

5 还应该理解楔状肋形波导可以用于任何方向上，即从大波导到小波导或从小波导到大波导。

可以容易地把上述的楔状肋形波导与集成光路的其他元件集成。把光输入到面 6 的光纤（未示出）可以放置在设置于硅-绝缘芯片上的 V 形槽（未示出）内。V 形槽与楔状肋形波导的定位可以通过共同的光刻步骤限定，所以它们自动彼此对齐。
10

申请人的共同专利申请 PCT/GB96/01068（公开号 WO97/45234）描述了集成光波导与光纤之间的连接，包括在这里以供参考。这一早期申请描述了形成在硅-绝缘体芯片上的肋形波导，肋形波导和二氧化硅基层伸出在形成于芯片上的 V 形槽端部之上，光纤放置在所述 V 形槽内，所以肋形波导的端部紧密靠近光纤的端部，该伸出量在 V 形槽端部不垂直于芯片的表面形成时是需要的。
15

这里描述的楔状肋形波导结构可以形成在这种伸出物上，以便在用于接收来自光纤的光的大尺寸多模波导与形成在芯片上的较小单模集成波导之间提供过渡。

20 所描述的实施例包括形成为直波导的楔状肋形波导。然而在一些情况下，可能希望在逐渐弯曲波导上形成类似结构。上部 5 和下部 4 的变窄边不需要是直的，但是也可能是弯曲的，它们也不需要是对称的。

如上所述，楔形应该是逐渐的。如果楔形变化过快，损失将较大。
25 另一方面，如果楔形变化过缓，装置可能比希望的大。通常需要在这两个技术要求之间折衷。

除了变窄的下部 4 以外，硅板 7 的楔形部分也可能如图 1 中的虚线所示去掉。去掉邻近肋形波导的板 7，增大了波导与它周围的折射率差，而且通过逐渐使板 7 变窄，逐渐减小了有效折射率差。

30 所述实施例示出了具有两层即上部 5 和下部 4 的楔状波导。然而，应该理解可以提供其他层，例如在上部 5 上的附加楔状部分，而且变窄可以出现在沿着波导不同部分上的两个或多个级上。

图 2A 和 2B 是描述多级楔状肋形波导例子的示意图。10 微米厚肋 10 开始变窄为 7 微米厚的肋 11，然后变窄为 4 微米厚的肋 12。图 2B 示出了沿着图 2A 中的截面线 a-a 剖开的截面。通过这种方式，10×10 微米波导可以通过两级变窄为 2×4 微米波导，例如用于与激光耦合。
5 变窄的部分 10 覆盖变窄部分 11，以便减小由于随着其被迫从部分 10 减小到部分 11 而产生的光发散引起的损失或使之最小，类似地，变窄部分 11 覆盖变窄部分 12。

图 3-5 示出了楔状波导的其他实施例。

除了变窄结构 13 以外，图 3A 和 3B 所示的结构与图 1 所示的结构类似，变窄结构 13 包括上部 5 和下部 4 以及把这些形成在上面的基质 14，它是安装在硅-绝缘体芯片 15 上的分离部件，并与上面的波导 16 对齐。这样使得变窄结构 13 由不同的材料形成，例如二氧化硅或氮化硅，而且使得它能够与光路的其余部分分开制造。

15 通过对着芯片 15 的槽或切口部分中的相应表面 15A 和 15B 来定位表面 13A 和 13B，把变窄结构 13 安装在硅-绝缘体芯片 15 上。可以提供另一对支承表面（未示出），用于把它在相对于波导 16 的横向方向上定位。变窄结构 13 可以利用粘合剂固定在位置上。

20 也可以用类似于图 4A 和 4B 所示的方式制造两级肋形波导。在这种情况下，提供分离肋形结构 17，包括位于不变窄部分 18 上的上变窄部分 5 和基质 19。下变窄部分 4 形成在硅-绝缘体芯片 15 上。用与上述方法类似的方法，把变窄部分 17 安装在硅-绝缘体芯片 15 上并与之对准。

25 图 5A 和 5B 示出了另一种结构，其中不同材料的楔状结构 20 直接形成在硅-绝缘体芯片 15 上。图 5A 和 5B 与图 3A 和 3B 类似，但是在这种情况下，上部 5 和下部 4 以及基质 14 直接形成在芯片 15 上。楔状结构 20 例如可以由沉积或生长在硅-绝缘体芯片 15 上的二氧化硅形成或由旋转涂敷在芯片上的聚合材料形成。

30 由于楔状结构 13、17 和 20 由与波导 16（以及图 4 中的下部 4）不同材料形成，最好在两者之间提供减反膜，以便帮助减小从楔状结构通过硅-绝缘体装置的光的后反射。

虽然上面描述的例子形成在硅-绝缘体芯片上，但是虽这样具有如上所述的优点，类似的楔状肋形波导可以形成在其他类型的芯片上。

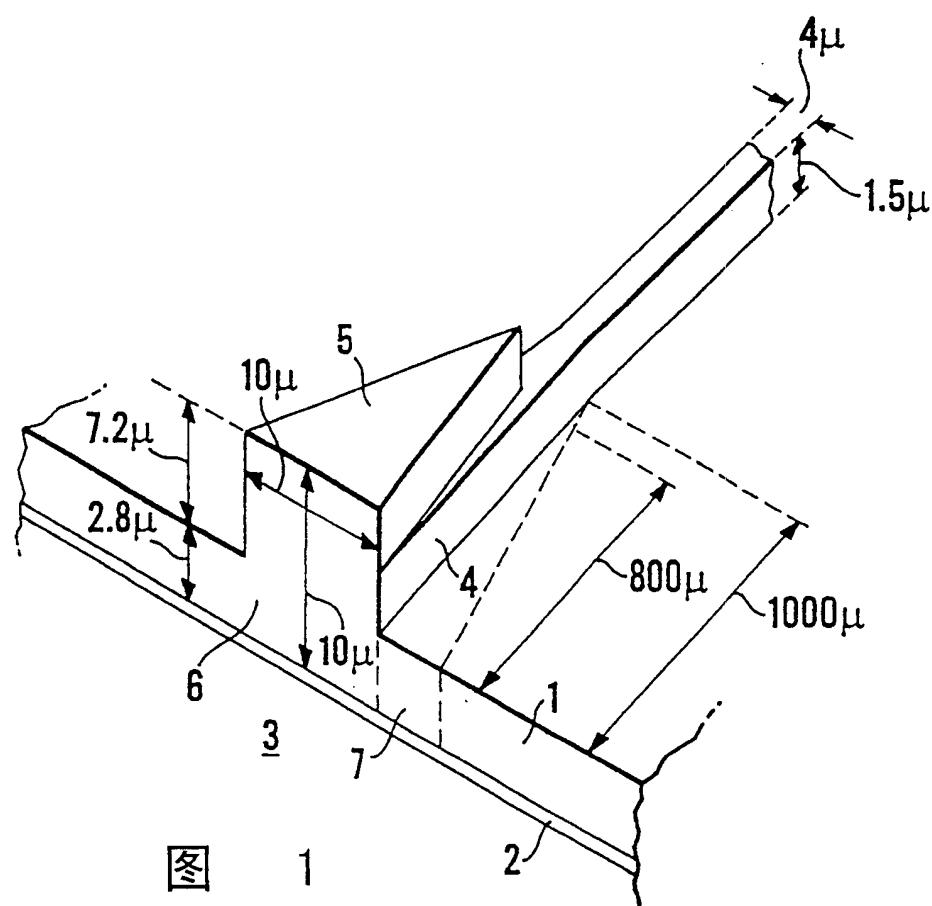


图 1

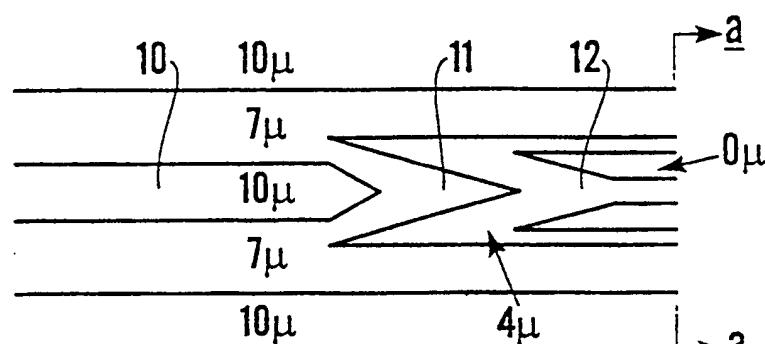


图 2A

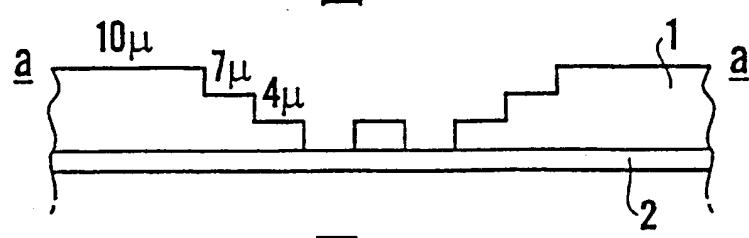


图 2B

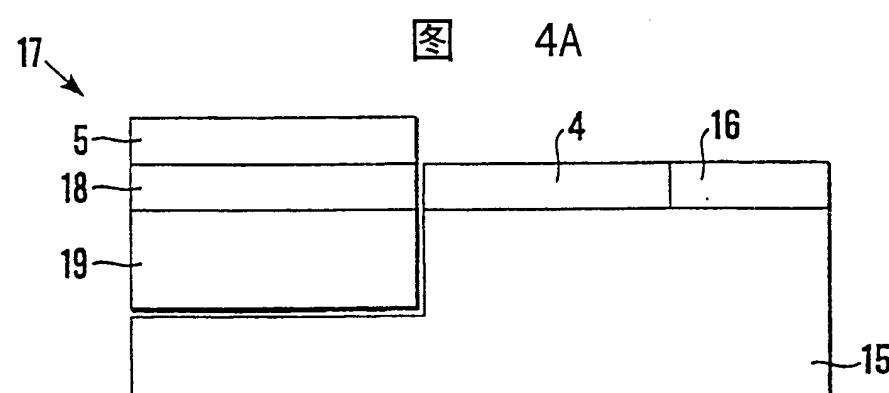
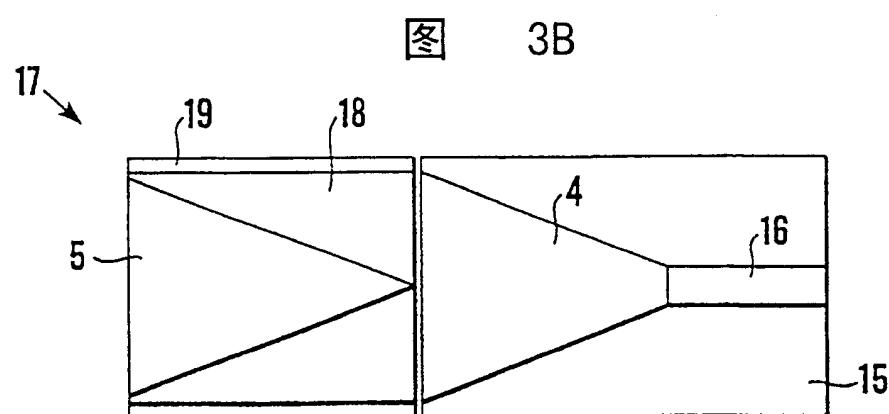
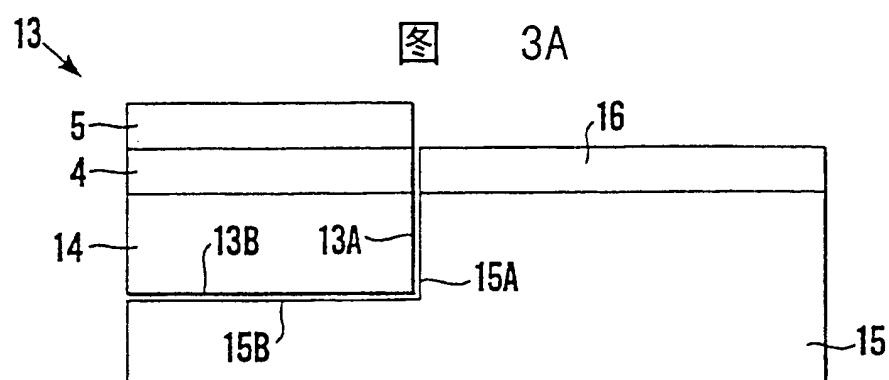
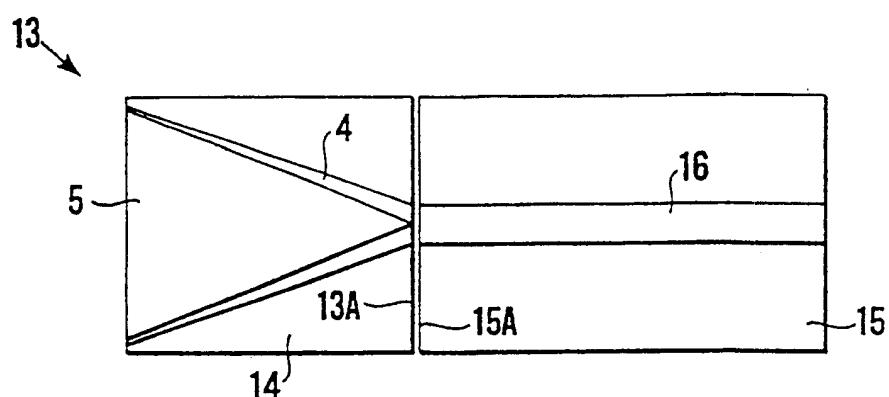


图 4B

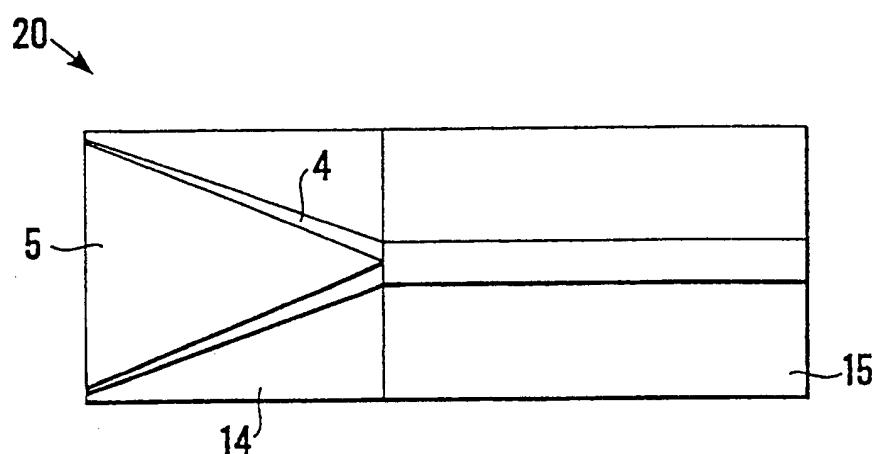


图 5A

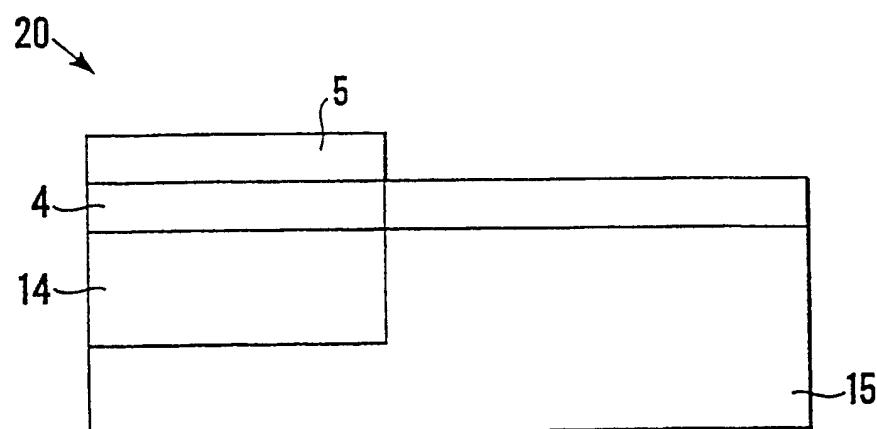


图 5B