



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105589132 A

(43) 申请公布日 2016. 05. 18

(21) 申请号 201510745144. 4

(22) 申请日 2015. 11. 05

(30) 优先权数据

14/537, 580 2014. 11. 10 US

(71) 申请人 泰科电子公司

地址 美国宾夕法尼亚州

(72) 发明人 T. 凌 J. 李

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 王景刚

(51) Int. Cl.

G02B 6/14(2006. 01)

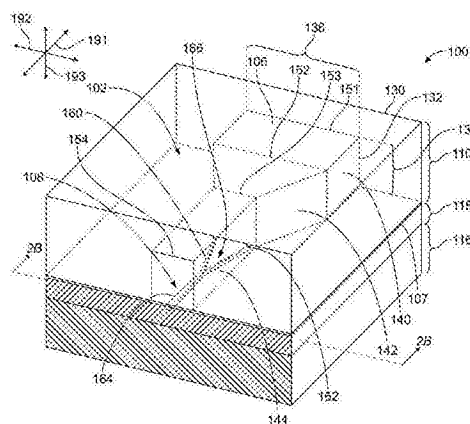
权利要求书3页 说明书11页 附图9页

(54) 发明名称

用于减小入射光的模态轮廓的模式尺寸变换器

(57) 摘要

模式尺寸变换器 (102) 包括具有输入端 (130) 的覆盖波导 (106), 该输入端被构造为接收来自光学元件 (104) 的光。覆盖波导 (106) 具有第一折射率。模式尺寸变换器 (102) 还包括信号波导 (108), 该信号波导被嵌在所述覆盖波导 (106) 内并且具有高于所述第一折射率的第二折射率。信号波导 (108) 包括第一和第二臂区段 (160、162) 以及干区段 (164), 它们形成 Y 形结。第一和第二臂区段 (160、162) 被构造为减小从覆盖波导 (106) 的输入端 (130) 朝着干区段 (164) 传播的光的模态轮廓。第一和第二臂区段 (160、162) 的每个具有远端 (182) 和一对相反的侧边缘, 其中所述侧边缘对在对应的远端 (182) 和干区段 (164) 之间平行于彼此延伸。



1. 一种模式尺寸变换器 (102), 包括:

覆盖波导 (106), 其具有输入端 (130), 该输入端被构造为接收来自光学元件 (104) 的光, 所述覆盖波导 (106) 具有第一折射率; 以及

信号波导 (108), 其被嵌在所述覆盖波导 (106) 内并且具有大于所述第一折射率的第二折射率, 所述信号波导 (108) 包括第一和第二臂区段 (160、162) 以及干区段 (164), 它们形成 Y 形结 (166), 所述第一和第二臂区段 (160、162) 被构造为减小从所述覆盖波导 (106) 的输入端 (130) 朝向所述干区段 (164) 传播的光的模式轮廓, 所述第一和第二臂区段 (160、162) 的每个具有远端 (182) 和一对相反的侧边缘 (184、186), 其中所述侧边缘对 (184、186) 在所述对应的远端 (182) 和所述干区段 (164) 之间平行于彼此延伸。

2. 如权利要求 1 所述的模式尺寸变换器 (102), 其中所述第一和第二臂区段 (160、162) 的每个包括成角度的延伸部 (244) 和联接到所述成角度的延伸部 (244) 的基底部分 (246), 所述第一和第二臂区段 (160、162) 的成角度的延伸部 (244) 形成 V 形样式, 所述第一和第二臂区段 (160、162) 的基底部分 (246) 大致平行于彼此延伸并且它们之间有可操作的间隔 (242)。

3. 如权利要求 1 所述的模式尺寸变换器 (102), 其中所述干区段 (164) 包括中间部分 (170) 和引导部分 (172), 所述中间部分 (170) 联接到所述第一和第二臂区段 (160、162) 并且具有从所述中间部分 (170) 的基底 (176) 渐缩到所述中间部分 (170) 的联末端 (178) 的倒渐缩形几何形状, 所述联末端 (178) 联接到所述第一和第二臂区段 (160、162), 所述基底 (176) 联接到所述干区段 (164) 的引导部分 (172)。

4. 如权利要求 1 所述的模式尺寸变换器 (102), 其中所述光被构造为沿着光传播轴线 (198) 从所述覆盖波导 (106) 的输入端 (130) 传播到所述干区段 (164), 所述 Y 形结 (166) 关于包括所述光传播轴线 (198) 的平面对称。

5. 如权利要求 1 所述的模式尺寸变换器 (102), 其中所述覆盖波导 (106) 具有宽度并且包括渐缩段 (142), 随着所述覆盖波导 (106) 从所述输入端 (130) 朝着所述信号波导 (108) 延伸, 所述覆盖波导 (106) 的宽度沿着所述渐缩段 (142) 减小。

6. 如权利要求 5 所述的模式尺寸变换器 (102), 其中所述覆盖波导 (106) 包括通道段 (144), 该通道段具有设置在其中的所述信号波导 (108) 的至少一部分, 所述渐缩段 (142) 被定位在所述输入端 (130) 和所述通道段 (144) 之间。

7. 如权利要求 6 所述的模式尺寸变换器 (102), 其中所述第一和第二臂区段 (160、162) 的远端 (182) 设置在所述渐缩段 (142) 内、在所述通道段 (144) 内、或者在所述渐缩段和通道段之间的边界处。

8. 如权利要求 6 所述的模式尺寸变换器 (102), 其中所述第一和第二臂区段 (160、162) 的远端 (182) 设置在所述通道段 (144) 和所述渐缩段 (142) 之间的边界处或紧密靠近该边界。

9. 如权利要求 1 所述的模式尺寸变换器 (102), 其中所述模式尺寸变换器 (102) 通过互补金属氧化物半导体 (CMOS) 工艺或绝缘体上硅 (SOI) 工艺中的至少一种形成。

10. 一种模式尺寸变换器 (102), 包括:

覆盖波导 (106), 其具有被构造为接收来自光学元件 (104) 的光的输入端 (130), 所述覆盖波导 (106) 具有第一折射率;

信号波导 (108), 其被嵌在所述覆盖波导 (106) 内并且具有大于所述第一折射率的第二折射率, 所述信号波导 (108) 包括第一和第二臂区段 (160、162) 以及干区段 (164), 它们形成 Y 形结 (166), 所述第一和第二臂区段 (160、162) 被构造为减小从所述覆盖波导 (106) 的输入端 (130) 朝向所述干区段 (164) 传播的光的模式轮廓, 其中所述第一和第二臂区段 (160、162) 的每个包括成角度的延伸部 (244) 和联接到该成角度的延伸部 (244) 的基底部分 (246), 所述第一和第二臂区段 (160、162) 的成角度的延伸部 (244) 形成 V 形样式, 所述第一和第二臂区段 (160、162) 的基底部分 (246) 大致平行于彼此延伸并且它们之间有可操作的间隔 (196)。

11. 如权利要求 10 所述的模式尺寸变换器 (102), 其中所述第一和第二臂区段 (160、162) 的每个具有远端 (182) 和一对相反的侧边缘 (184、186), 其中所述侧边缘对 (184、186) 在所述对应的远端 (182) 和所述干区段 (164) 之间平行于彼此延伸。

12. 如权利要求 10 所述的模式尺寸变换器 (102), 其中所述干区段 (164) 包括中间部分 (170) 和引导部分 (172), 所述中间部分 (170) 联接到所述第一和第二臂区段 (160、162) 并且具有从所述中间部分 (170) 的基底 (176) 渐缩到所述中间部分 (170) 的联接端 (178) 的倒渐缩形几何形状, 所述联接端 (178) 联接到所述第一和第二臂区段 (160、162), 所述基底 (176) 联接到所述干区段 (164) 的引导部分 (172)。

13. 如权利要求 10 所述的模式尺寸变换器 (102), 其中所述第一和第二臂区段 (160、162) 的基底部分 (246) 具有倒渐缩形几何形状, 所述基底部分 (246) 的每个在联接到所述对应的成角度的延伸部 (244) 的连结端 (250) 和联接到所述干区段 (164) 的基底端 (252) 之间延伸。

14. 如权利要求 10 所述的模式尺寸变换器 (102), 其中所述光被构造为沿着光传播轴线 (198) 从所述覆盖波导 (106) 的输入端 (130) 传播到所述干区段 (164), 所述 Y 形结 (166) 关于包括所述光传播轴线 198 的平面对称。

15. 如权利要求 10 所述的模式尺寸变换器 (102), 其中所述覆盖波导 (106) 具有宽度并且包括渐缩段 (142), 随着所述覆盖波导 (106) 从所述输入端 (130) 朝向所述信号波导 (108) 延伸, 所述覆盖波导 (106) 的宽度沿着所述渐缩段 (142) 减小。

16. 如权利要求 15 所述的模式尺寸变换器 (102), 其中所述覆盖波导 (106) 包括通道段 (144), 该通道段具有设置在其中的所述信号波导 (108) 的至少一部分, 所述渐缩段 (142) 位于所述输入端 (130) 和所述通道段 (144) 之间。

17. 如权利要求 16 所述的模式尺寸变换器 (102), 其中所述第一和第二臂区段 (160、162) 的远端 (182) 设置在所述渐缩段 (142) 内、所述通道段 (144) 内、或者在所述渐缩段和所述通道段之间的边界处。

18. 如权利要求 16 所述的模式尺寸变换器 (102), 其中所述第一和第二臂区段 (160、162) 的远端 (182) 设置在所述通道段 (144) 和所述渐缩段 (142) 之间的边界处或者紧密靠近该边界。

19. 如权利要求 10 所述的模式尺寸变换器 (102), 还包括支撑所述信号波导 (108) 和所述覆盖波导 (106) 的衬底层 (116), 所述衬底层 (116) 具有延伸超过所述覆盖波导 (106) 的输入端 (130) 的安装延伸部 (117)。

20. 如权利要求 10 所述的模式尺寸变换器 (102), 其中所述模式尺寸变换器 (102) 通

过互补金属氧化物半导体 (CMOS) 工艺或绝缘体上硅 (SOI) 工艺中的至少一种形成。

用于减小入射光的模态轮廓的模式尺寸变换器

技术领域

[0001] 本发明大体涉及改变传播光的模态轮廓 (modal profile) 的模式尺寸变换器和包括该模式尺寸变换器 (mode size converter) 的光学装置。

背景技术

[0002] 最近,越来越多的行业开始使用光学装置,尤其是通过硅光子研发的光学装置。这样的光学装置包括光子集成电路 (PIC),其可用于光通信、测量仪器以及信号处理领域中的各种应用。PIC 可包括互连多个芯片上的部件的亚微米波导,所述芯片上的部件包括光学开关、耦合器、路由器、分束器、多路转换器 / 多路分配器、调制器、放大器、波长转换器、光电信号转换器以及电光信号转换器。PIC 的一个优势是使用比如互补金属氧化物半导体 (CMOS) 的已知的半导体制造技术进行大规模生产和集成的潜力。

[0003] PIC 可以光耦合到外部光纤,使得 PIC 接收来自光纤的光和 / 或引导光进入所述光纤。然而,以可靠并有效的方式光耦合所述光纤和 PIC 是具有挑战性的。例如,所述光纤的横截面积比 PIC 的亚微米波导的横截面积大得多。因此,在光纤中传播的光具有比 PIC 的波导中的光大得多的模态轮廓。当光在光纤和 PIC 之间转换时,光的模态轮廓必须改变尺寸 (称为模式变换的过程) 并且没有明显的损耗。

[0004] 一种已知的模式尺寸变换器 (或光点尺寸变换器) 包括覆盖 (overlay) (或包覆) 波导以及嵌在所述覆盖波导内的硅波导。所述硅波导具有倒渐缩形几何形状,其中所述硅波导的顶端定位为邻近覆盖波导的边缘。随着硅波导从所述顶端延伸,硅波导的宽度绝热地 (adiabatically) 变宽至能够支撑传播模式的最终横截面积。来自光纤的光通过覆盖波导的边缘进入并且瞬逝地耦合到硅波导。随着硅波导变宽至单模式条形波导,所述光逐渐变得越发受限。因而,来自光纤的光的模态轮廓被减小到适于通过硅波导传播的尺寸。

[0005] 虽然这样的模式尺寸变换器能够有效地减小模态轮廓,该模式尺寸变换器可具有一些问题或缺陷。例如,所述模式尺寸变换器可能耦合效率不足、对齐公差低、和 / 或没有商用生产的实用性。

[0006] 因此,需要一种模式尺寸变换器,其具有足够的耦合效率、高的对齐公差、和 / 或生产成本不会太高。

发明内容

[0007] 在实施例中,提供了一种模式尺寸变换器,其包括具有构造为接收来自光学元件的光的输入端的覆盖波导。所述覆盖波导具有第一折射率。所述模式尺寸变换器还包括信号波导,其被嵌在所述覆盖波导内并且具有大于所述第一折射率的第二折射率。所述信号波导包括第一和第二臂区段以及干区段 (stem segment),它们形成 Y 形结。所述第一和第二臂区段被构造为减小从覆盖波导的输入端朝向所述干区段传播的模态轮廓。第一和第二臂区段的每个具有远端和一对相反的侧边缘。所述侧边缘对在对应的远端和所述干区段之间平行于彼此延伸。

[0008] 在一些实施例中,所述第一和第二臂区段的每个可包括成角度的 (angled) 延伸部以及联接到对应的成角度的延伸部的基底部分。所述第一和第二臂区段的成角度的延伸部可形成 V 形样式。所述第一和第二区段的基底部分可大致平行于彼此延伸并且它们之间有可操作的间隔。

[0009] 在一些实施例中,所述干区段可包括中间部分和引导部分。所述中间部分可联接到所述第一和第二臂区段并且具有从所述中间部分基底向所述中间部分的联接端渐缩的倒渐缩形几何形状。所述联接端可联接到所述第一和第二臂区段。所述基底可联接到所述干区段的引导部分。

[0010] 在一些实施例中,所述光可被构造为沿着光传播轴线从所述覆盖波导的输入端传播到所述干区段。所述 Y 形结可以关于包括所述光传播轴线的平面对称。

[0011] 在一些实施例中,所述覆盖波导具有宽度并且包括渐缩段。随着所述覆盖波导从所述输入端朝向所述信号波导延伸,所述覆盖波导的宽度可沿着所述渐缩段减小。可选地,所述覆盖波导可包括通道段,该通道段具有设置在其中的所述信号波导的至少一部分。所述渐缩段可位于所述输入端和所述通道段之间。在一些实施例中,所述第一和第二臂区段的远端可在所述渐缩段内、在所述通道段内、或在渐缩段和通道段之间的边界处。在特定的实施例中,所述第一和第二臂区段的远端设置在所述通道段和所述渐缩段的边界处或紧密靠近该边界。

[0012] 在实施例中,提供了模式尺寸变换器,其包括具有被构造为接收来自光学元件的光的输入端的覆盖波导。覆盖波导具有第一折射率。所述模式尺寸变换器还包括信号波导,其被嵌在所述覆盖波导内并且具有大于所述第一折射率的第二折射率。所述信号波导包括第一和第二臂区段和干区段,它们形成 Y 形结。所述第一和第二臂区段被构造为从所述覆盖波导的输入端朝向所述干区段传播的光的模式轮廓。所述第一和第二臂区段的每个包括成角度的延伸部和联接到所述成角度的延伸部的基底部分。所述第一和第二臂区段的成角度的延伸部形成 V 形样式。所述第一和第二区段的基底部分大致平行于彼此延伸并且它们之间有可操作的间隔。

[0013] 在一些实施例中,所述第一和第二臂区段的每个具有远端和一对相反的侧边缘。所述侧边缘对可在对应的远端和所述干区段之间平行于彼此延伸。

[0014] 在一些实施例中,所述第一和第二区段的基底部分可具有倒渐缩形几何形状。所述基底部分的每个可在联接到对应的成角度的延伸部的连结端和联接到所述干区段的基底端之间延伸。

[0015] 在一些实施例中,所述模式尺寸变换器还包括支撑所述信号波导和所述覆盖波导的衬底层。所述衬底层可具有延伸超过所述覆盖波导的输入端的安装延伸部。

附图说明

[0016] 图 1 是一种光学装置的示意性图示,该光学装置包括根据实施例形成的模式尺寸变换器 (MSC)。

[0017] 图 2A 是所述光学装置的局部放大示图,其更详细地示出了 MSC。

[0018] 图 2B 是所述光学装置沿着图 2A 中的线 2B-2B 截取的截面图。

[0019] 图 3 是根据实施例形成的 MSC 的信号波导的平面图。

- [0020] 图 4 是根据实施例形成的信号波导的平面图。
- [0021] 图 5 是具有包括图 4 中示出的信号波导的 MSC 的光学装置的放大视图。
- [0022] 图 6 是根据实施例形成的 MSC 的截面图。
- [0023] 图 7 是图 6 的 MSC 的另一个截面图,其图示了被 MSC 的信号波导逐渐限制的入射光。
- [0024] 图 8 是图 6 的 MSC 的另一个截面图,其图示了被大致限制在所述信号波导内的入射光。
- [0025] 图 9 是根据实施例形成的信号波导的平面图。

具体实施方式

[0026] 图 1 是包括根据实施例形成的模式尺寸变换器 (MSC) 102 的光学装置 100 的部分的示意性图示。MSC102 还可被称为光点尺寸变换器 (SSC) 并且被构造为减小 (或增大) 传播光的模态轮廓。所述模态轮廓还可被称为模式场轮廓。在图 1 中,光学装置 100 仅包括一个 MSC102,但在其他实施例中,其可包括多个 MSC102。光学装置 100 被构造为接收光 (或光信号)、以指定的方式处理或调制所述光、然后发出处理后或调制后的光。在其他实施例中,光学装置 100 仅接收和处理光。例如,光学装置 100 可包括光电信号转换器。在其他实施例中,光学装置 100 仅通过 MSC102 处理并且发出光。例如,光学装置 100 可包括电光信号变换器。在替代实施例中,光学装置 100 接收并发出光但不对光信号进行处理。所述光可以是例如光数据信号的形式。在示例性实施例中,光学装置 100 是用于通信和 / 或处理光信号的光子集成电路 (PIC)。然而,应理解的是,光学装置 100 可用于其他应用中。例如,光学装置 100 可以是一种具有样本的传感器,其基于样本的性质调制光信号和 / 或发出光信号。光学装置 100 还可以被结合到更大的系统或装置中。

[0027] 在一些实施例中,光学装置 100 是包括硅光子芯片的集成装置。光学装置 100 的至少一部分可以用制造半导体的工艺制造。例如,光学装置 100 可以使用生产互补金属氧化物半导体 (CMOS) 装置和 / 或绝缘体上硅 (silicon-on-insulator, SOI) 装置的工艺生产。更具体地,光学装置 100 可以通过生长、淀积、蚀刻、光刻处理、或用其它方式修改多个堆叠的衬底层的方式来生产。在特定的实施例中,整个光学装置 100 使用 CMOS 或 SOI 工艺来生产。

[0028] 光学装置 100 和 / 或 MSC102 包括多个相互堆叠的衬底层。通过示例的方式,衬底层可包括一层或多层氧化硅、一层或多层氮化硅、一层或多层硅、一层或多层隐藏的氧化物、一层或多层聚合物、和 / 或一层或多层氮氧化硅 (SiON)。所述各个层可具有按本文所述地引导光的折射率。

[0029] 光学装置 100 被构造为光学地耦合到光学元件 104。在图示的实施例中,光学元件 104 是光纤 (例如,单模式光纤 (SMF))。所述光纤内的光模式可具有例如约 9.2 毫米至约 10.4 毫米之间的直径。然而,在其他实施例中,光学元件 104 可以是能够传递光的另一种类型的光学元件。例如,光学元件 104 可以是平面波导、光源、或光检测器。在一些实施例中,光学装置 100 可以双向运行,使得光可以从光学元件 104 提供至 MSC102,或替代地从 MSC102 提供至光学元件 104。因而,虽然下文在描述光的传播时会使用关于方向的术语,应理解的是,在一些实施例中,光可以在相反的方向上传播。类似地,虽然本文会使用诸如“上

方”、“覆盖”或“俯仰”这样的术语,应理解的是,光学装置 100 可具有相对于重力的任何的取向。

[0030] MSC102 可包括覆盖波导 106 和信号波导 108,所述信号波导至少部分地隐藏在覆盖波导 106 内或下方。在一些实施例中,信号波导 108 可称为纳米线波导。MSC102 还可包括位于覆盖波导 106 上方的包覆层或者本体 110。覆盖波导 106 可至少部分地嵌在或隐藏在包覆层 110 内。MSC102 被构造为接收来自光学元件 104 的光并且减小入射光的模态轮廓至足以传播通过信号波导 108 的模态轮廓。替代地, MSC102 可被构造为扩大出射光的模态轮廓并且提供所述出射光至光学元件 104。

[0031] 信号波导 108 通信地耦合到光学电路 112。光学电路 112 在图 1 中被大致图示为块,因为可理解的是,可以使用各种光学电路。光学电路 112 可以被构造为以预定的方式处理传播通过光学装置 100 的光(或光信号)。光学装置 100 或光学电路 112 的应用的非限制性示例包括光学开关、耦合器、路由器、分束器、调制器、放大器、多路转换器/多路分配器、波长转换器、光电信号转换器以及电光信号转换器。在其他实施例中,光学电路 112 可以是被构造为检测环境或样本的一个或多个性质的传感器的部分。

[0032] 在图示的实施例中,光学装置 100 还包括具有第一和第二衬底层 116、118 的装置衬底 114。信号波导 108、覆盖波导 106、和包覆层 100 堆叠在装置衬底 114 上。如图所示, MSC102 是平面内耦合结构,其被构造为接收在平行于装置衬底 114 的平面的方向上传播的光。在示例性实施例中,第一和第二衬底层 116、118 成形为接合光学元件 104。例如,第一衬底层 116 形成安装延伸部 117,该延伸部延伸超过第二衬底层 118。安装延伸部 117 包括凹槽 120,该凹槽的大小和形状相对于光学元件 104 设计。例如,凹槽 120 的大小和形状可以被构造为将光学元件 104(例如,光纤)相对于 MSC102 对齐,从而传播通过光学元件 104 的光可被光学装置 100 有效地接收。

[0033] 图 2A 是包括 MSC102 的光学装置 100 的部分的放大示图,图 2B 是光学装置 100 沿着图 2A 中的线 2B-2B 截取的截面图。包覆层 110 包括输入端或面 130(图 2A),覆盖波导 106 包括输入端或面 132(图 2A)。输入端 130、132 可以是平面的或平坦的。输入端 130、132 的至少一个暴露在光学装置 100 的外部并且可接收来自光学元件 104(图 1)的光。例如,光学元件 104 可以被定位为使得光学元件 104 抵靠或紧密地邻接输入端 130 和/或输入端 132。在示例性实施例中,第一衬底层 116 的安装延伸部 117(图 1)延伸超过输入端 130、132。光传播通过覆盖波导 106 的输入端 132。

[0034] 如上所述,光学装置 100 和 MSC102 可由多个衬底层形成。衬底层可具有不同的折射率。每个衬底层可构成单个层或包括多个子层。例如,包覆层 110 可包括多个包覆子层。在一个或多个实施例中,包覆层 110 可以由具有例如约 1.50 的折射率的氮氧化硅(SiON)或者聚合物组成。覆盖波导 106 可以由聚合物或 SiON 组成并且具有例如约 1.50 到 1.60 的折射率。可选地,保护层 170 可在覆盖波导 106 和信号波导 108 之间延伸。保护层 107 可包括,例如,氮化硅并且可具有例如约 2.00 的折射率。信号波导 108 可由硅组成并且具有例如约 3.50 的折射率。第二衬底层 118 可由氧化硅组成并且具有例如约 1.45 的折射率。第一衬底层 116 可由硅组成并且具有例如约 3.50 的折射率。

[0035] 参见附图 2A,覆盖波导 106 被构造为接收光并且允许光朝着信号波导 108 传播。可选地,覆盖波导 106 可包括具有不同的横截面积一个或多个部分。如图所示,光学装置

100 相对于彼此垂直的轴线 191-193 取向,所述轴线包括纵向轴线 191、侧向轴线 192、和俯仰轴线 193。覆盖波导 106 具有沿着俯仰轴线 193 测量的高度 134 以及沿着侧向轴线 192 测量的宽度 136。来自光学元件 104 的光被构造为沿着平行于纵向轴线 191 的光传播轴线 198(图 2B 和图 3 中示出)通过输入端 132 传播。在一些实施例中,光传播轴线 198 延伸通过覆盖波导 106 的几何中心,使得光传播轴线 198 在信号波导 108 上方。

[0036] 在一些实施例中,覆盖波导 106 的横截面积的尺寸可以改变以变换传播光的模态轮廓。例如,覆盖波导 106 的横截面积可随着光从其传播而减小以减小或减少光的模态轮廓。在特定的实施例中,宽度 136 沿着覆盖波导 106 的不同的段变化。如图 2A 所示,覆盖波导 106 具有输入轮廓 151、第一截面 152、第二截面 153 和输出轮廓 154,输出轮廓也可称为第三截面。在图示的实施例中,高度 134 从输入轮廓 151 到输出轮廓(或第三截面)154 是一致的。输出轮廓 154 可以或可以不表示覆盖波导 106 的端部。更具体地,覆盖波导 106 可继续超过图 2A 中信号波导 108 所示的部分。

[0037] 输入轮廓 151、第一和第二截面 152、153、以及输出轮廓 154 将覆盖波导 106 示出为包括三个不同的段或部分。更具体地,覆盖波导 106 可包括在输入轮廓 151 和第一截面 152 之间延伸的接收段 140、在第一和第二截面 152、153 之间延伸的渐缩段 142 以及在第二截面 153 和输出轮廓 154 之间延伸的通道段 144。图 2B 是通道段 144 的截面。第一和第二截面 152、153 的每个可称为相邻段之间的边界。例如,第二截面 153 可称为渐缩段 142 和通道段 144 之间的边界 153。在示例性实施例中,光传播轴线 198 大体延伸通过接收段 140 的几何中心。光传播轴线 198 还可大体延伸通过渐缩段 142 和通道段 144 的几何中心。

[0038] 接收段 140、渐缩段 142 和通道段 144 的每个具有沿着横向于光传播轴线 198 截取的不同的横截面积。接收段 140 的横截面积从输入轮廓 151 到第一截面 152 是一致的。然而,渐缩段 142 的横截面积随着渐缩段 142 从第一截面 152 朝着第二截面 153 延伸而减小或渐缩。特别地,覆盖波导 106 的宽度 136 从第一截面 152 到第二截面 153 而减小。减小率可被构造为将模态轮廓减小指定的量。在其他实施例中,高度 134 可以沿着渐缩段 142 减小(例如,通过不同大小的堆叠的层)。通道段 144 的横截面积从第二截面 153 到输出轮廓 154 是一致的。在其他实施例中,通道段 144 也可以是渐缩的。

[0039] 如图 2A 和 2B 所示,信号波导 108 被嵌在或隐藏在第二衬底层 118 内。然而,在其他实施例中,信号波导 108 可以定位在第二衬底层 118 的上方。例如,信号波导 108 可被定位在第二衬底层 118 的上方并且嵌在保护层和/或覆盖波导 106 内。然而,在图示的实施例中,保护层 107 在覆盖波导 106 和信号波导 108 之间延伸。信号波导 108 的折射率大于第二衬底层 118 的折射率和保护层 107 的折射率。例如,如上所述,第二衬底层 118 可以具有约 1.45 的折射率,保护层可具有约 2.00 的折射率,并且信号波导 108 可具有约 3.50 的第二折射率。如图 2A 所示,信号波导 108 包括第一和第二臂区段 160、162 以及干区段 164。干区段 164 可以是信号波导 108 的被构造为满足光的传播模式的部分。第一和第二臂区段 160、162 以及干区段 164 可形成 Y 形结 166。

[0040] 如本文所述,信号波导 108 的第一和第二臂区段 160、162 被构造为减小从覆盖波导 106 的输入端 132 朝着干区段 164 传播的光的模态轮廓。在一些实施例中,信号波导 108 位于渐缩段 142 和通道段 144 内,但不在接收段 140 内。在其他实施例中,信号波导 108 仅位于通道段 144 内。在替代实施例中,信号波导 108 可位于接收段 140、渐缩段 142 和通道

段 144 内。在一些实施例中,第一和第二臂区段 160、162 相对于覆盖波导 106 的不同段的形状而构造,从而以有效的方式变换光的模态轮廓。

[0041] 图 3 是 MSC102(图 1)的信号波导 108 的平面图。干区段 164 包括中间部分 170 和引导部分 172。在图示的实施例中,中间部分 170 和引导部分 172 不具有共同的或一致的截面形状。例如,中间部分 170 可具有倒渐缩形几何形状。更具体地,中间部分 170 包括基底 176 和联接端 178。信号波导 108 具有波导宽度 180。随着信号波导 180 从基底 176 延伸到联接端 178,波导宽度 180 可在尺寸上减小或减少。替代地,随着信号波导 108 从联接端 178 延伸到基底 176,波导宽度 180 在尺寸上增加。

[0042] 在这样的实施例中,波导宽度 180 可以以渐缩率改变。所述渐缩率可被配置为将光有效地耦合进入干区段 164。所述渐缩率可以基于一个或多个因素或参数,比如入射光的模态轮廓、覆盖波导 106 沿着干区段 164 的横截面积、第一和第二臂区段 160、162 的尺寸、和 / 或第一和第二臂区段 160、162 相对于彼此的位置。波导宽度 180 沿着引导部分 172 可以是一致或不变的。沿着引导部分 172 的波导宽度 180 可被构造为满足光的传播模式。

[0043] 在示例性实施例中,信号波导 108 的高度沿着整个干区段 164 和第一和第二臂区段 160、162 是一致的。第一和第二臂区段 160、162 的每个具有远端或顶端 182 以及一对相反的侧边缘 184、186。第一和第二臂区段 160、162 的每个具有长度 190,其从远端 182 测量到干区段 164 的联接端 178。如图所示,第一和第二臂区段 160、162 形成 V 形结构,其联接到干区段 164 以形成 Y 形结 166。更具体地,第一和第二臂区段 160、162 的侧边缘 184 大致面向彼此并且被可操作的间隔 196 分隔开。可操作的间隔 196 的尺寸随着第一和第二臂区段 160、162 从各自的远端 182 延伸到干区段 164 的联接端 178 而减小。在图示的实施例中,当第一和第二臂区段 160、162 连结到联接端 178 时,第一和第二臂区段 160、162 彼此分隔开。这样,可操作的间隔 196 沿着联接端 178 或在联接端 178 处存在(表示为 196')。然而,在替代实施例中,第一和第二臂区段 160、162 可彼此连结,使得侧边缘 184 形成 V 形连结点。

[0044] 可操作的间隔 196 的尺寸可以以间隔减少率减小。间隔减少率可被配置为将光有效地耦合到干区段 164 中。间隔减少率可基于一个或多个因素或参数,比如入射光的模态轮廓、覆盖波导 106 沿着第一和第二臂区段 160、162 的横截面积、和 / 或第一和第二臂区段 160、162 的尺寸。

[0045] 在示例性实施例中,第一和第二臂区段 160、162 的长度 190 是相同的。在示例性实施例中,Y 形结 166 关于平面 P1 对称,该平面包括光传播轴线 198 并且平面 P1 延伸通过干区段 164 的中心。平面 P1 和光传播轴线 198 在图 3 中以虚线表示。平面 P1 可平行于俯仰轴线 192(图 2A 和 2B)和纵向轴线 191(图 2A 和 2B)形成的平面延伸。然而,在其他实施例中,Y 形结 166 可以关于平面 P1 不对称。

[0046] 如本文所描述的,第一和第二臂区段 160、162 被构造为减小从覆盖波导 106(图 1)的输入端 132(图 2)朝着干区段 164 传播的光的模态轮廓。例如,第一和第二臂区段 160、162 的每个被构造为随着光朝着干区段 164 传播而逐渐接收更多的光能。第一和第二臂区段的每一个内的光能可然后在接近联接端 178 处结合进干区段 164 内。

[0047] 在图示的实施例中,侧边缘对 184、186 的每个在对应的远端 182 和干区段 164 之间平行于彼此延伸。例如,侧边缘 184、186 可在其间限定臂宽度 188。臂宽度 188 在对应的

远端 182 和干区段 164 之间可以是一致的。如本文所使用的,如果所述侧边缘平行于彼此延伸长度 190 的至少 50%,所述侧边缘对可“平行于彼此在对应的远端和干区段之间”延伸。在图示的实施例中,侧边缘 184、186 平行于彼此从对应的远端 182 延伸到干区段 164 延伸对应的臂区段的全部长度 190。然而,在其他实施例中,侧边缘 184、186 并不在整个长度上平行。例如,在一些实施例中,侧边缘 184、186 可平行于彼此延伸长度 190 的至少 60%或长度 190 的至少 70%。在更特定的实施例中,侧边缘 184、186 可平行于彼此延伸长度 190 的至少 80%、至少 90%或至少 95%。同样地,臂宽度 188 可以在长度 190 的至少 50%、60%、70%、80%、85%、90%或 95%上是一致的。在图示的实施例中,第一和第二臂区段 160、162 从干区段 164 到远端 182 是线性的。然而,在其他实施例中,第一和第二臂区段 160、162 从干区段 164 到远端 182 不是线性的。例如,第一和第二臂区段 160、162 可包括子区段,其具有关于平面 P1 不同的角度,比如图 9 中示出的子区段。

[0048] 在一些实施例中,第一和第二臂区段 160、162 的远端 182 位于覆盖波导 106(图 1)的渐缩段 142(图 2)或者通道段 144(图 2)内。在一些实施例中,远端 182 被定位在渐缩段 142 和通道段 144 之间的边界 153(图 2)处或与其紧密靠近。如果,例如远端位于沿着光传播轴线 198 测量的离边界 153 的 20 毫米范围内,远端 182 可以是紧密靠近边界 153。在一些实施例中,远端 182 定位在渐缩段 142 内,并且第一和第二臂区段 160、162 从渐缩段 142 延伸进入通道段 144。远端 182 还可定位在通道段 144 内第二截面 153 后。然而,在其他实施例中,第一和第二臂区段 160、162 的远端 182 可定位在接收段 140(图 2)内并且第一和第二臂区段 160、162 可通过渐缩段 142 朝向通道段 144 延伸。

[0049] 图 4 是根据实施例形成的 MSC204(图 5 中示出)的信号波导 202 的平面图。信号波导 202 可包括与信号波导 108(图 2)相似的元件。在一些实施例中,信号波导 202 可替代 MSC102(图 1)内的信号波导 108。信号波导 202 包括第一和第二臂区段 212、214 以及干区段 216。关于干区段 216,干区段 216 包括中间部分 220 和引导部分 222。类似于干区段 164(图 2),中间部分 220 和引导部分 222 不具有相同的截面形状。中间部分 220 具有倒渐缩形几何形状。更具体地,中间部分 220 具有基底 224 和联接端 226。干区段 216 具有波导宽度 228。随着信号波导 202 从基底 224 朝着联接端 226 延伸,波导宽度 228 的尺寸可减小。替代地,随着信号波导 202 从联接端 226 延伸到基底 224,波导宽度 228 的尺寸增加。

[0050] 在这样的实施例中,波导宽度 228 沿着中央部分 220 可以以渐缩率变化。所述渐缩率可被配置为将光有效地耦合到干区段 216 内。所述渐缩率可基于一个或多个因素或参数,比如入射光的模态轮廓、覆盖波导 262(图 5 中示出)在干区段 216 处的横截面积、第一和第二臂区段 212、214 的尺寸、和 / 或第一和第二臂区段 212、214 相对于彼此的位置。波导宽度 228 沿着引导部分 222 可以是一致的。波导宽度 228 沿着引导部分 222 可被构造为满足光的传播模式。

[0051] 第一和第二臂区段 212、214 的每个具有远端或顶端 230 以及一对相反的侧边缘 232、234。如图所示,第一和第二臂区段 212、214 形成 V 形结构,其联接到干区段 216 以形成 Y 形结 236。更具体地,第一和第二臂区段 212、214 的侧边缘 232 大致面向彼此并且被可操作的间隔 242 分隔开。随着第一和第二臂区段 212、214 从各自的远端 230 延伸到干区段 216 的联接端 226,可操作的间隔 242 的尺寸减小。在图示的实施例中,当第一和第二臂区段 212、214 连结联接端 226 时,第一和第二臂区段 212、214 彼此分隔开可操作的间隔 242。

这样,可操作的间隔 242 沿着联接端 226 存在或存在于联接端 226 处(表示为 242')。然而,在替代实施例中,第一和第二臂区段 212、214 可彼此连结,使得侧边缘 232 形成 V 形连结点。

[0052] 在示例性实施例中,第一和第二臂区段 212、214 的每个包括成角度的延伸部 244 和联接到对应的成角度的延伸部 244 的基底部分 246。如图所示,第一和第二臂区段 212、214 的成角度的延伸部 244 形成 V 形样式,并且它们之间的可操作的间隔 242 的尺寸改变。第一和第二臂区段 212、214 的基底部分 246 大致平行于彼此延伸并且其间具有可操作的间隔 242。更具体地,第一和第二臂区段 212、214 的沿着基底部分 246 的侧边缘 232 平行于彼此延伸,使得可操作的间隔 242' 在基底部分 246 之间的尺寸不变。

[0053] 和可操作的间隔 196(图 3)一样,可操作的间隔 242 的尺寸可以以间隔减少率减小。间隔减少率可被构造为将光有效地耦合到干区段 216 内。间隔减少率可基于一个或多个因素或参数,比如入射光的模态轮廓、覆盖波导 262 的沿着第一和第二臂区段 212、214 的横截面积、和 / 或第一和第二臂区段 212、214 的尺寸。

[0054] 在图示的实施例中,基底部分 246 具有倒渐缩形几何形状。例如,基底部分 246 包括连结端 250 和基底端 252 并且具有波导宽度 254。随着基底部分 246 从对应的连结端 250 延伸到对应的基底端 252,波导宽度 254 的尺寸增加。更具体地,虽然侧边缘 232 沿着基底部分 246 平行于彼此延伸,但是侧边缘 234 沿着基底部分 246 并不平行于彼此延伸。替代地,随着基底部分 246 从对应的连结端 250 延伸到对应的基底端 252,侧边缘 234 背离于彼此形成角度,从而增加了波导宽度 254。这样,基底部分 246 可具有类似于梯形的形状。波导宽度 254 可以以被配置为有助于将光能耦合到基底部分 246 中和耦合到干区段 216 中的比率增加。

[0055] 如图 4 所示,侧边缘 234 沿着基底部分 246 可形成组合宽度 255。邻接干区段 216 的联接端 226 的组合宽度 255 大于联接端 226 处的波导宽度 228。例如,组合宽度 255 可以是联接端 226 处的波导宽度 228 的超过两倍 (2X)。还如图所示,基底端 252 的部分不接合联接区段 226,使得基底部分 246 仅与联接端 226 部分重叠。例如,对于每个基底部分 246,邻近联接端 226 的横截面积的最多 30% 可与联接端 226 重叠。

[0056] 侧边缘对 232、234 的每个可在对应的远端 230 和对应的连结端 250 之间平行于彼此延伸。例如,侧边缘 232、234 可在它们之间限定臂宽度 256。臂宽度 256 在对应的远端 230 和对应的连结端 250 之间是一致的。成角度的延伸部 244 具有各自的长度 258。在图示的实施例中,侧边缘 232 在对应的成角度的延伸部 244 的全部长度 258 上平行于彼此延伸。在其他实施例中,侧边缘 232、234 不在整个长度 258 上平行。例如,侧边缘 232、234 可在长度 258 的至少 50%、60%、70%、80%、85%、90% 或 95% 上平行于彼此延伸。

[0057] 在示例性实施例中,第一和第二臂区段 212、214 的成角度的延伸部 244 的长度 258 是相同的。然而,在其他实施例中,成角度的延伸部 244 的长度 258 可以是不同的。在示例性实施例中,Y 形结 236 关于包括光传播轴线 260 的平面 P2 对称,该平面 P2 延伸通过干区段 216 的中心。平面 P2 和光传播轴线 260 两者在图 4 中都由虚线表示。然而,在其他实施例中,Y 形结 236 可以不关于平面 P2 对称。

[0058] 在一些实施例中,信号波导 202 的不同部分可以使用互补金属氧化物半导体 (CMOS) 工艺和 / 或绝缘体上硅 (SOI) 工艺的至少一个制造。特别地,干区段 216、基底部分

246 和成角度的延伸部 244 的尺寸可以使得信号波导 202 相比于其他推荐的模式变换结构更容易生产。

[0059] 图 5 是具有包括信号波导 202 的 MSC204 的光学装置 200 的放大示意图。光学装置 200 可具有与光学装置 100 (图 1) 类似的元件并且可由多个衬底层形成。例如,光学装置 200 包括覆盖波导 262,该覆盖波导中嵌有信号波导 202。MSC204 还可包括包覆层或本体 264,其位于覆盖波导 262 的上方。覆盖波导 262 可嵌在或隐藏在包覆层 264 内。MSC204 被构造为沿着光传播轴线 265 从比如光纤的光学元件 (未示出) 接收光并且将入射光的模态轮廓变换成足以传播通过信号波导 202 的模态轮廓。替代地, MSC204 可被构造为将出射光的模态轮廓变换成足以传播通过光学元件的模态轮廓。虽然未示出,信号波导 202 可以通信地耦合到光学电路,比如光学电路 112 (图 1)。

[0060] 包覆层 264 包括输入端或面 266,覆盖波导 262 包括输入端或面 268。输入端 266、268 可以是平面的表面。输入端 266、268 的至少一个暴露至光学装置 200 外部并且可接受来自所述光学元件的光。例如,所述光学元件可以定位为使得所述光学元件抵靠或紧密靠近输入端 266 和 / 或输入端 268。所述光传播通过覆盖波导 262 的输入端 268 并且传播进入信号波导 202。

[0061] 类似于覆盖波导 106 (图 1),覆盖波导 262 的横截面积的尺寸可以变化以变换光的模态轮廓。例如,覆盖波导 262 可以具有宽度 270,该宽度沿着覆盖波导 262 的不同的段变化。在图 5 中,覆盖波导 262 具有输入轮廓 271、第一截面 272、第二截面 273、输出轮廓 274,其也可称为第三截面。输出轮廓 274 可以或可以不表示覆盖波导 262 的端。

[0062] 输入轮廓 271、第一和第二截面 272、273 以及输出轮廓 274 将覆盖波导 262 图示为包括三个不同的段。更具体地,覆盖波导 262 可包括在输入轮廓 271 和第一截面 272 之间延伸的接收段 276、在第一和第二截面 272、273 之间延伸的渐缩段 278、以及在第二截面 273 和输出轮廓 274 之间延伸的通道段 280。在示例性实施例中,光传播轴线 265 大体延伸通过接收段 276 的几何中心。光传播轴线 265 还可大体延伸通过渐缩段 278 和通道段 280 的几何中心。

[0063] 接收段 276、渐缩段 278 和通道段 280 可分别与图 2 示出并描述的接收段 140、渐缩段 142 和通道段 144 相似或相同。在示例性实施例中,第一和第二臂区段 212、214 的远端 230 定位在渐缩段 278 内。在其他实施例中,远端 230 可以定位在接收段 276 内、在通道段 280 内、或者在相邻段之间的边界或紧密接近该边界。更具体地,远端 230 可定位在第一截面 272 或第二截面 273 处或者与它们紧密靠近。

[0064] 覆盖波导 262 的输入轮廓 271 的尺寸和形状相对于入射光设计,从而使得入射光的模态轮廓可以像本文描述的那样减小。当 MSC204 和光学元件可操作地相对于彼此定位时,入射光在沿着输入轮廓 271 的入口点 282 处被接收。入口点 282 可以沿着光传播轴线 265 定心。在一些实施例中, MSC204 可以提供更大的公差以将 MSC204 相对于所述光学元件对齐。更具体地, MSC204 可允许入射光相对于光传播轴线 265 具有一定角度和 / 或允许入射光在关于入口点 282 偏离的位置处进入输入轮廓 271。例如,入射光可以竖直地偏离 ± 2.4 毫米并且仅具有 2dB 的损耗。入射光可以水平地偏离 ± 2.7 毫米并且仅具有 2dB 的损耗。当竖直或水平地偏离 ± 2.5 毫米时,耦合效率可以大于 60%。MSC204 可以以 TE 模式、TM 模式或者具有宽频带操作窗口的 TE 和 TM 模式操作。

[0065] 图 6-8 图示了根据实施例形成的 MSC300 的不同的截面并且展示了传播光 310 的模态轮廓的变换。MSC300 可与 MSC102(图 1) 和 204(图 2) 类似或相同。例如, MSC300 包括具有第一折射率的覆盖波导 302 和嵌在覆盖波导 302 内并且具有第二折射率的信号波导 304。信号波导 304 包括第一和第二臂区段 306、308, 它们连结于区段(未示出)。第一和第二臂区段 306、308 可形成 Y 形结, 比如 Y 形结 166(图 2) 和 236(图 4)。在图 6-8 中, 覆盖波导 403 具有相同的轮廓, 使得覆盖波导 302 的尺寸并不改变。覆盖波导 302 的这个部分可表示覆盖波导 302 的通道段, 比如通道段 144(图 2) 和通道段 280(图 5)。

[0066] 图 6 图示了 MSC300D 邻近第一和第二臂区段 306、308 的远端 312、314 的截面。远端 312、314 可以定位在覆盖波导 302 的通道段和渐缩段(未示出)之间的边界处。在这样的实施例中, 渐缩段可将入射光 310 的模态轮廓从由光学元件(例如, 光纤)确定的模态轮廓减小到类似于图 6 中示出的模态轮廓的模态轮廓。如图 6 所示, 传播光 310 的部分被限制在第一和第二臂区段 306、308 内。第一和第二臂区段 306、308 被可操作的间隔 316 分隔开。

[0067] 覆盖波导 302 的折射率和横截面积以及第一和第二臂区段 306、308 的折射率、横截面积以及位置可相对于彼此构造以提供 MSC300 的有效折射率, 其将光逐渐地限制在第一和第二臂区段 306、308 内。更具体地, 如通过比较图 6-8 所示出的, 随着第一和第二臂区段 306、308 朝着干区段延伸, 可操作的间隔 316 的尺寸减小。随着光 310 沿着覆盖波导 302 传播, MSC300 的有效折射率导致传播光 310 被第一和第二臂区段 306、308 逐步限制。例如, 传播光 310 在图 7 中比在图 6 中更被第一和第二臂区段 306、308 限制, 并且传播光 310 在图 8 中比在图 7 中更被第一和第二臂区段 306、308 限制。在图 8 中, 第一和第二臂区段 306、308 的部分可表示基底部分, 比如基底部分 246(图 4)。

[0068] 图 9 是根据实施例形成的信号波导 402 的平面图。信号波导 402 可用于 MSC, 比如 MSC102(图 1) 或者 MSC204(图 4)。信号波导 402 可包括与信号波导 108(图 2) 和 / 或信号波导 202(图 4) 类似的元件。在一些实施例中, 信号波导 402 可代替 MSC102(图 1) 中的信号波导 108 或者 MSC204(图 5) 中的信号波导 202。信号波导 402 包括第一和第二臂区段 412、414 和干区段 416。在图示的实施例中, 干区段 416 与干区段 216 相同。然而, 在其他实施例中, 干区段 416 可具有不同的构造。

[0069] 第一和第二臂区段 412、414 的每个具有远端或顶端 430 以及一对相反的侧边缘 432、434。如图所示, 第一和第二臂区段 412、414 形成 V 形或 Y 形结构, 其联接到干区段 416 以形成 Y 形结 436。如图所示, 图 9 的 V 形结构与图 4 的 V 形结构不同。第一和第二臂区段 412、414 的侧边缘 432 大致面向彼此并且被可操作的间隔 442 分隔开。随着第一和第二臂区段 412、414 从各自的远端 430 延伸到干区段 416 的联接端 426, 可操作的间隔的尺寸减小。在图示的实施例中, 当第一和第二臂区段 412、414 连结到联接端 426 时, 第一和第二臂区段 412、414 彼此分开可操作的间隔 442。这样, 可操作的间隔 442 沿着联接端 426 存在或者在联接端 426 处(表示为 442')。然而, 在替代实施例中, 第一和第二臂区段 412、414 可彼此连结, 使得侧边缘 432 形成 V 形连结点。

[0070] 在示例性实施例中, 第一和第二臂区段 412、414 的每个包括成角度的延伸部 444 和联接到相应的成角度的延伸部 444 的基底部分 446。Y 形结 436 关于包括光传播轴线 498 的平面 P3 对称, 并且平面 P3 延伸通过干区段 416 的中心。平面 P3 和光传播轴线 298 两者

在图 9 中以虚线表示。在一些实施例中,成角度的延伸部不是线性的。例如,每个成角度的延伸部 444 包括第一子区段 491 和第二子区段 492。第一子区段 491 从对应的基底部分 446 的端部延伸到第二子区段 492。第二子区段 492 从第一子区段 491 延伸到远端 430。第一和第二子区段 491、492 的每个关于平面 P3 可形成不同的角度。如图所示,第一和第二子区段 491、492 分别形成第一和第二角度 θ_1 、 θ_2 。第一角度 θ_1 小于第二角度 θ_2 。在替代实施例中,第一角度 θ_1 可大于第二角度 θ_2 。虽然图 4 仅图示了两个线性子区段,可以想到的是,其他实施例可包括多于两个线性子区段。在替代实施例中,子区段的一个或多个可以不是线性的,并且可以具有弯曲的形状。

[0071] 第一和第二臂区段 412、414 的基底部分 446 大致平行于彼此延伸并且它们之间具有可操作的间隔 442'。更具体地,侧边缘 432 沿着第一和第二臂区段 412、414 的基底部分 446 平行于彼此延伸,使得可操作的间隔 442' 的尺寸在基底部分 446 之间不变。

[0072] 成角度的延伸部 444 之间的可操作的间隔 442 的尺寸可以在第一子区段 491 之间以第一间隔减少率减小并且在第二子区段 492 之间以第二间隔减少率减小。第一和第二间隔减少率和第一和第二角度 θ_1 、 θ_2 可被构造为将光有效地耦合到干区段 416 中。第一和第二间隔减少率和第一和第二角度 θ_1 、 θ_2 可基于一个或多个因素或参数,比如入射光的模态轮廓、覆盖波导 462 的沿着第一和第二臂区段 412、414 的横截面积、和 / 或第一和第二臂区段 412、414 的尺寸。在图示的实施例中,基底部分 446 可具有与基底部分 246 相同的倒渐缩形几何形状。

[0073] 应理解的是,以上描述是图示性的,并非限制性的。例如,上述实施例(和 / 或其方面)可彼此组合使用。此外,根据本发明,可以产生很多变型以适应特定的情形或材料,这并不脱离本发明的范围。本文描述的尺寸、材料类型、各个部件的取向、以及各个部件的数量和位置意图限定某些实施例的参数,并非是限制性的并且仅是示例性的实施例。在权利要求的范围和宗旨内的很多其他实施例和变型在本领域技术人员看了本说明后是显见的。因此,本发明的范围应该根据随附的权利要求书以及其等同条款的全部范围来确定。

[0074] 如本文所使用的,短语“在示例性实施例中”等表示所描述的实施例仅是一个示例。该短语并非意图将本发明主题限制为该实施例。本发明主题的其他实施例可以不包括所叙述的特征或结构。在随附权利要求书中,术语“包括 (including)”和“其中 (in which)”是等同于术语“包括 (comprising)”和“其中 (wherein)”的简明表达。此外,在随附权利要求书中,术语“第一”、“第二”和“第三”等仅用于标识,并不意图赋予标记要求到那些物体。

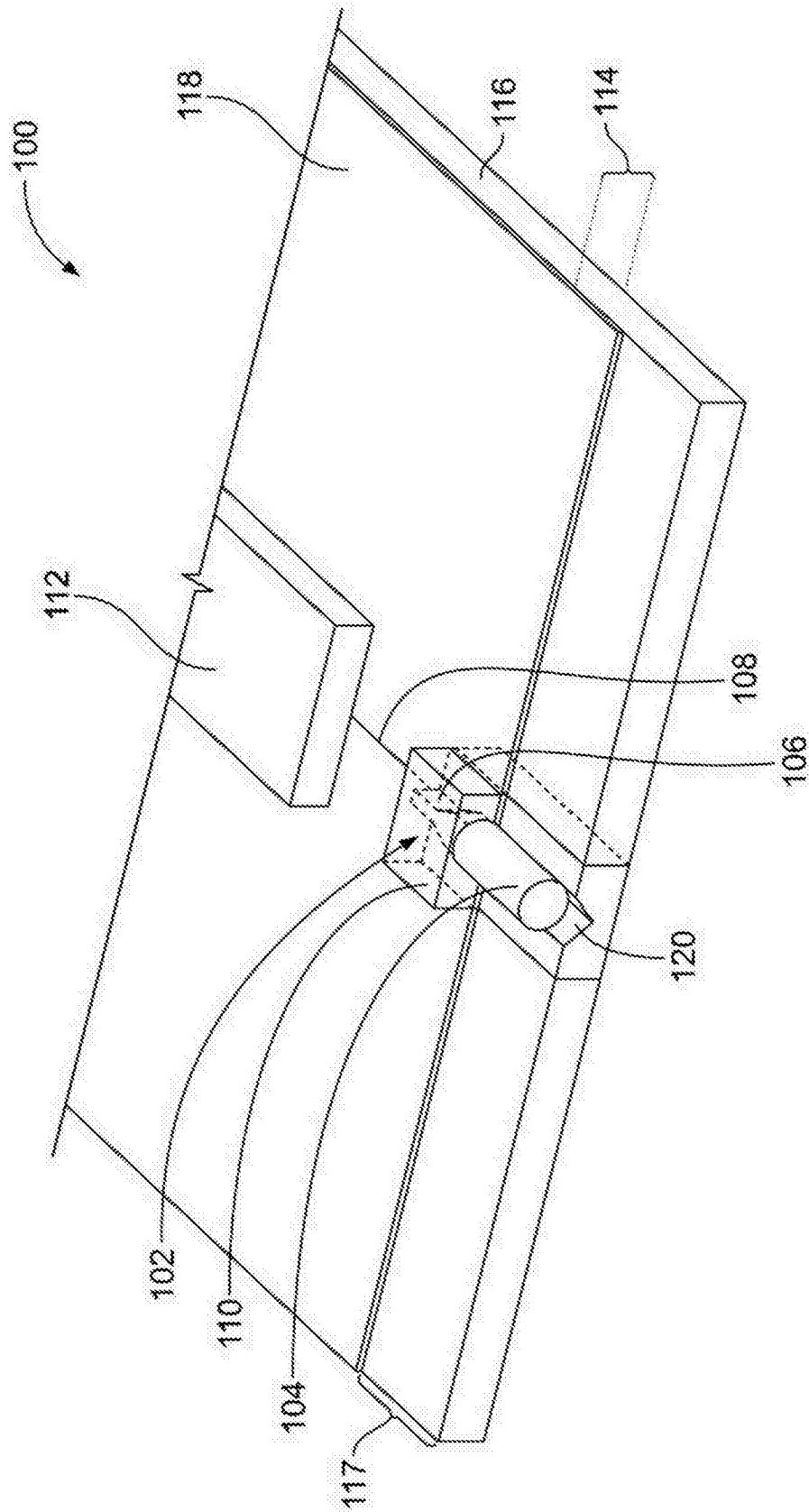


图 1

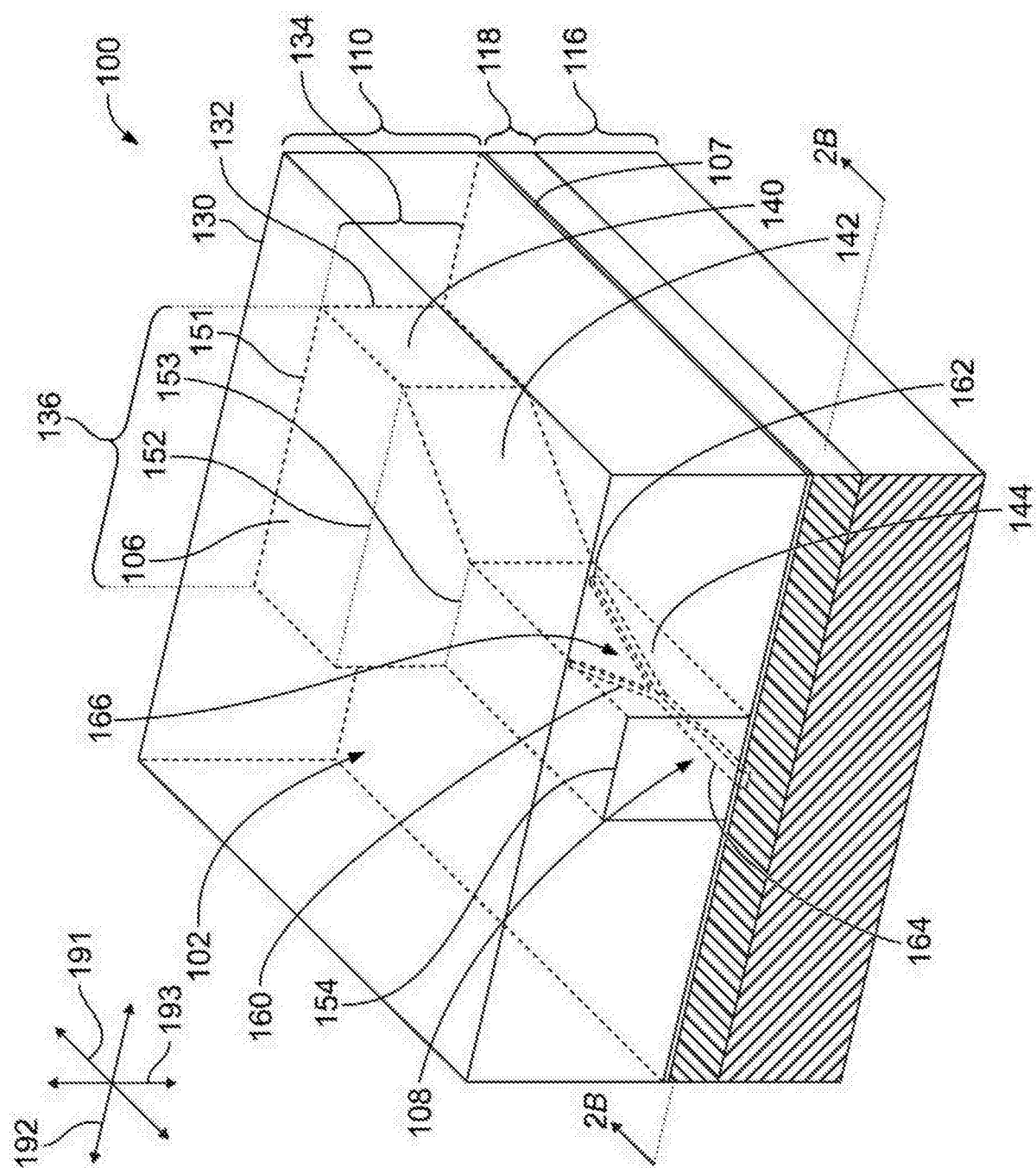


图 2A

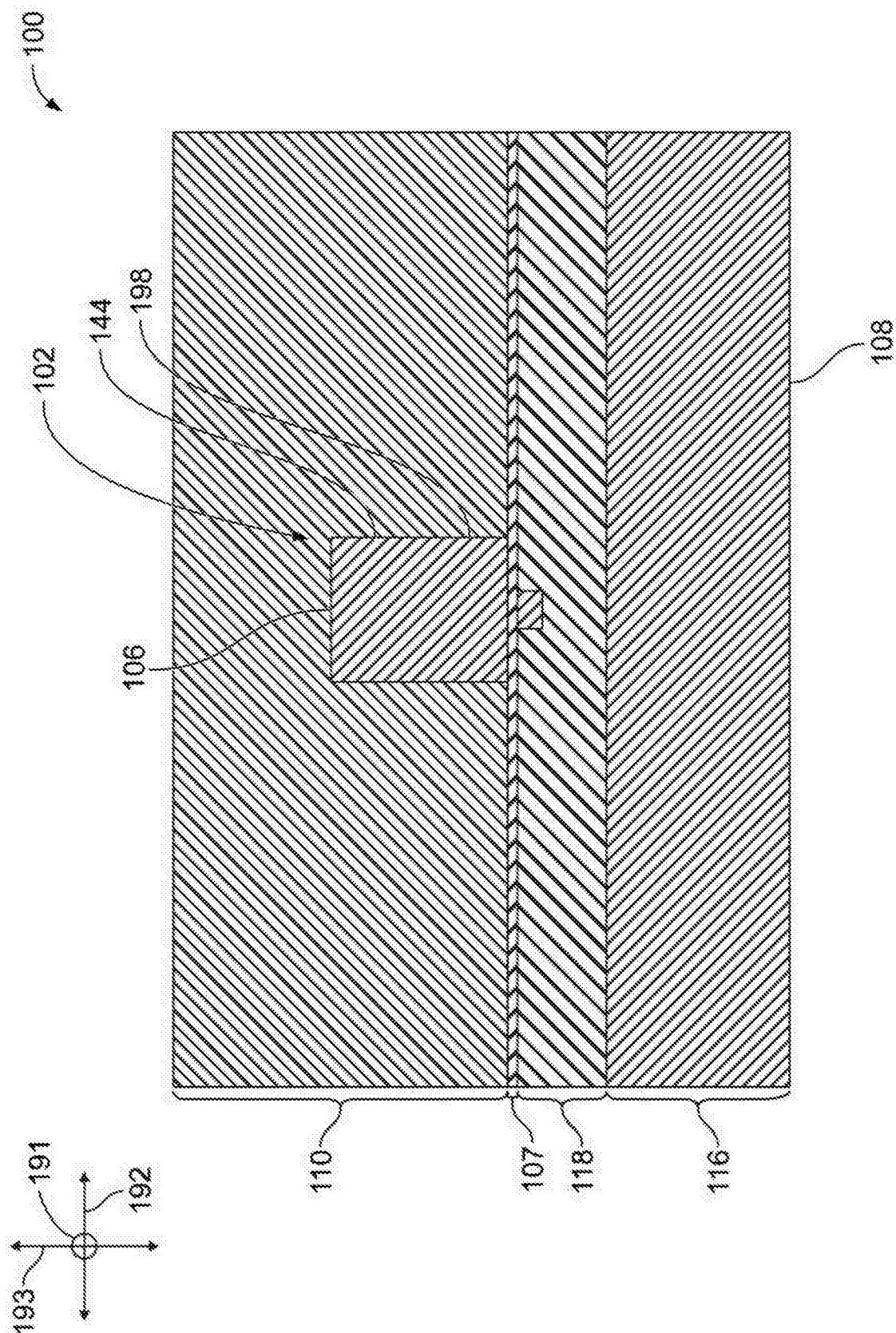


图 2B

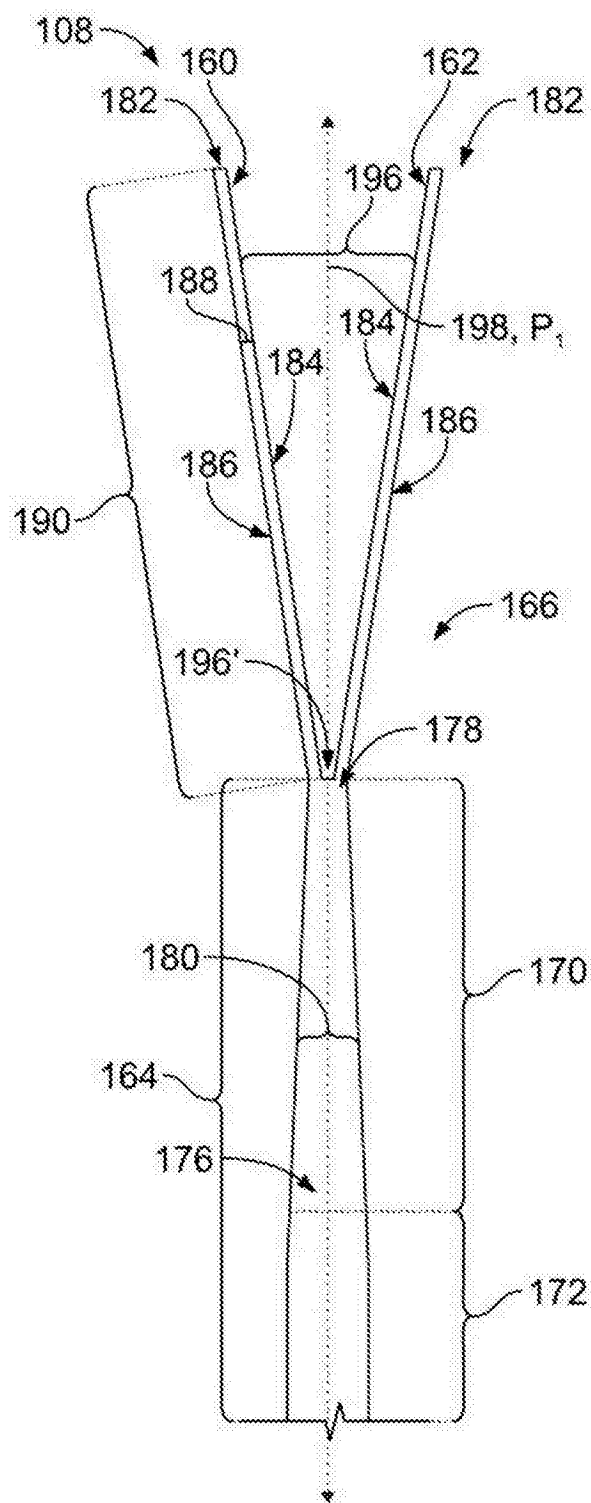


图 3

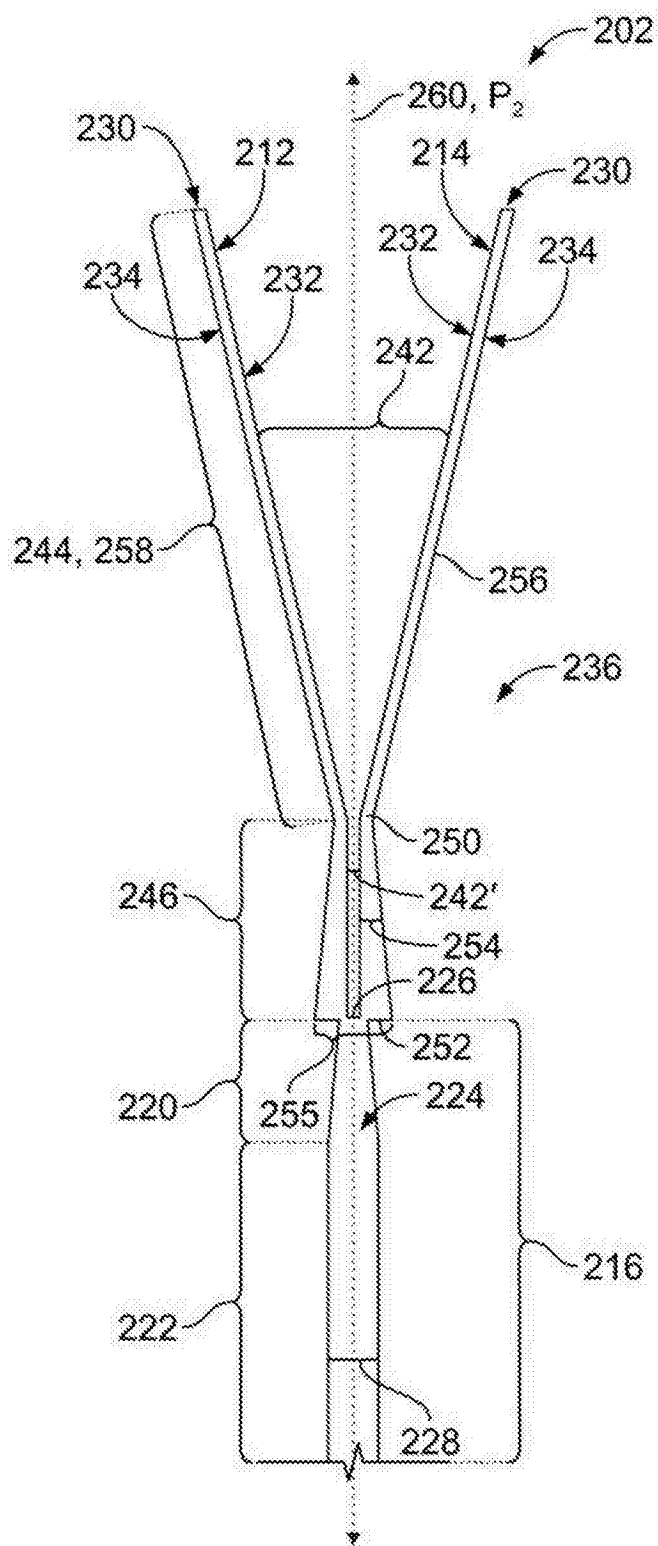


图 4

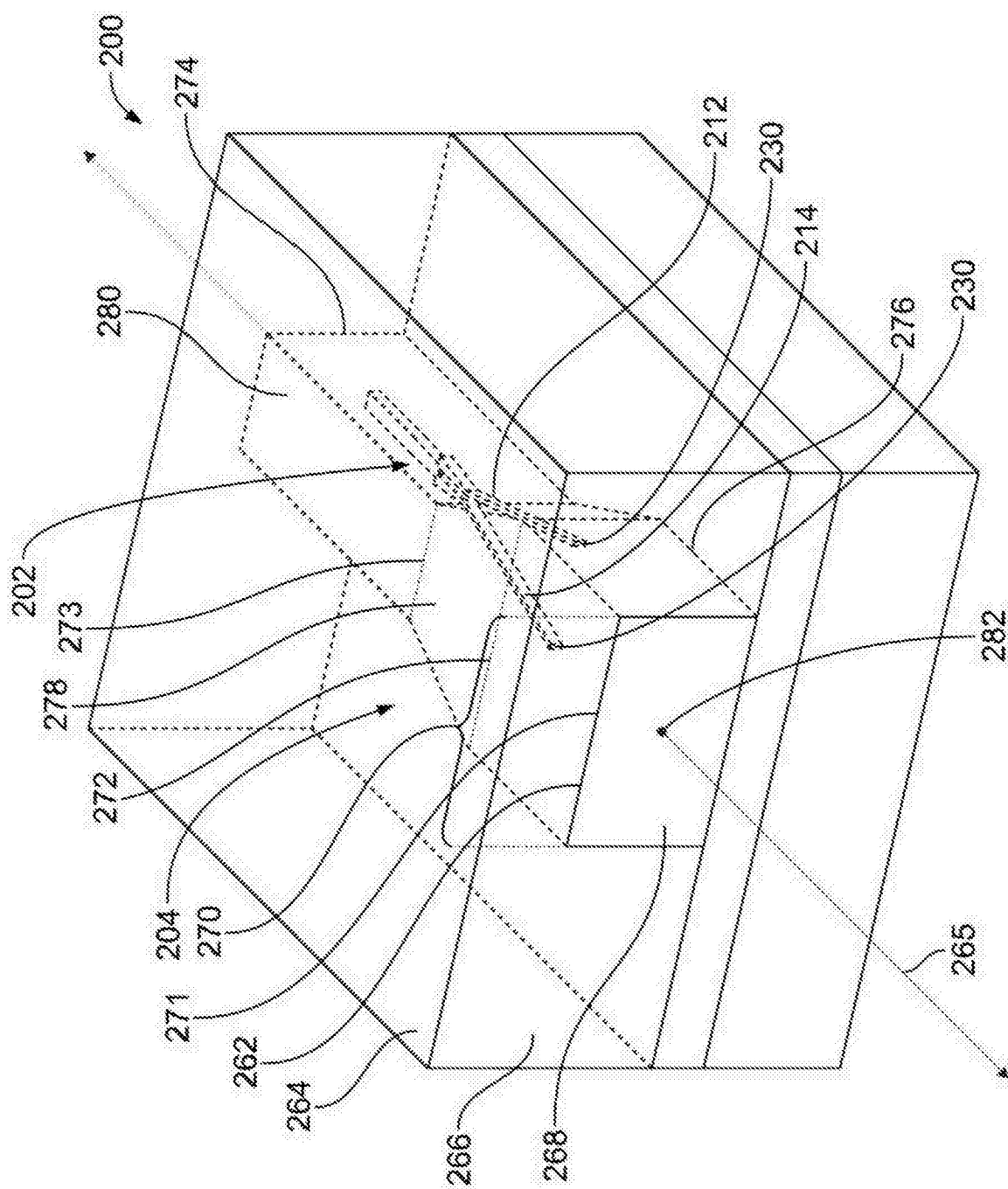


图 5

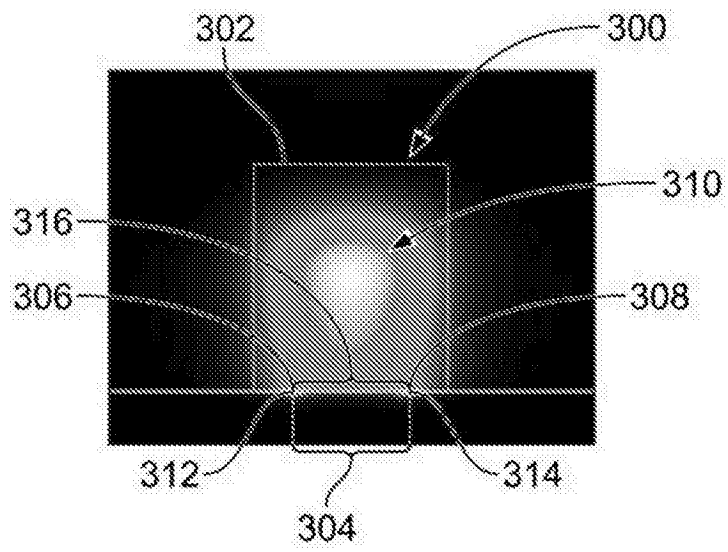


图 6

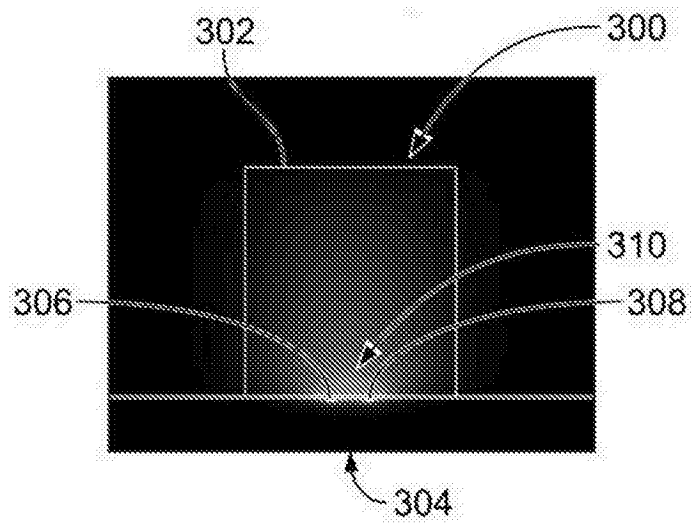


图 7

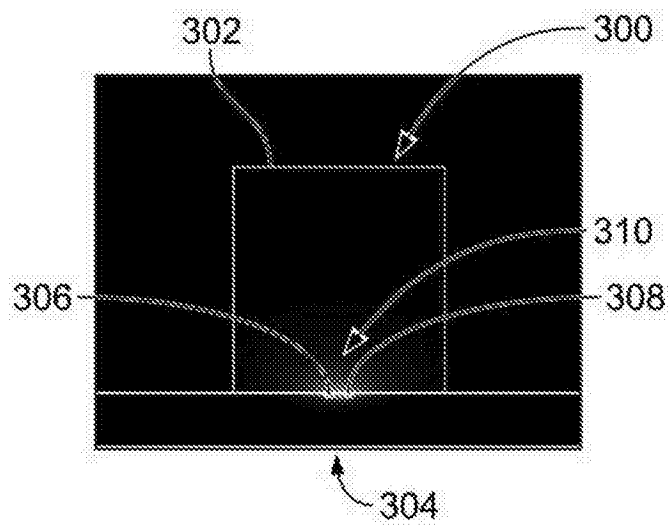


图 8

