



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115079349 A

(43) 申请公布日 2022. 09. 20

(21) 申请号 202210649429.8

(22) 申请日 2016.10.03

(30) 优先权数据

62/240,002 2015.10.12 US

(62) 分案原申请数据

201680059566.9 2016.10.03

(71) 申请人 3M创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

(72) 发明人 米歇尔·A·哈泽

特里·L·史密斯 郝冰 马常宝

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

专利代理师 张成新 汪洋

(51) Int. Cl.

G02B 6/38 (2006.01)

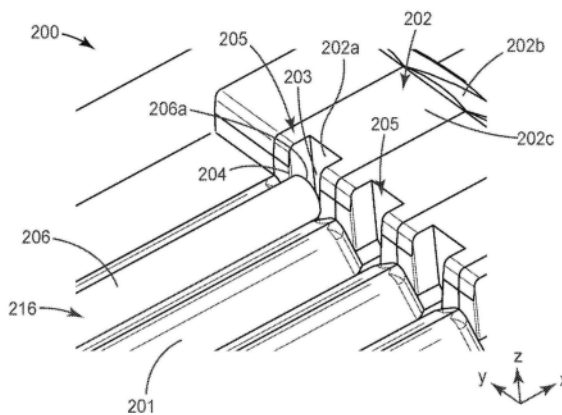
权利要求书1页 说明书14页 附图14页

(54) 发明名称

具有波导不可触及的空间的光学套管

(57) 摘要

本发明公开了一种光学套管,所述光学套管包括至少一个光影响元件,光影响元件被配置为当来自光波导的光在光学套管中传播时影响光的一种或多种特征,光影响元件具有输入表面。至少一个接收元件接收光波导并且将光波导固定到套管,使得波导的输出表面光学地耦合至光影响元件的输入表面。当光波导安装在接收元件中时,波导止动件限制波导朝向光影响元件的输入表面移动。当光波导安装在接收元件中时,光波导的输出表面与光影响元件的输入表面之间的空间对于光波导而言是不可触及的。



1. 一种光学套管,包括:

至少一个光影响元件,所述光影响元件被配置为当来自光波导的光在所述光学套管中传播时影响所述光的一种或多种特征,所述光影响元件具有输入表面,所述光波导为芯和包层,所述芯和所述包层被配置为通过全内反射在所述芯内传播光;

至少一个接收元件,所述接收元件被配置为接收并固定所述光波导,使得所述光波导的输出表面光学地耦合至所述光影响元件的所述输入表面,其中所述接收元件包括圆柱形孔,所述圆柱形孔的直径大于所述光波导的直径;

波导止动件,所述波导止动件被配置为当所述光波导安装在所述接收元件中时限制所述波导朝向所述光影响元件的所述输入表面移动;以及

所述光波导的所述输出表面与所述光影响元件的所述输入表面之间的空间,当所述光波导安装在所述接收元件中时,所述空间对于所述光波导而言是不可触及的。

2. 根据权利要求1所述的光学套管,其中所述光波导包括突起特征部,所述突起特征部接合所述波导止动件以限制所述光波导朝向所述输入表面运动。

3. 根据权利要求2所述的光学套管,其中所述突起特征部包括所述光波导的蚀刻。

4. 根据权利要求2所述的光学套管,其中所述突起特征部包括所述光波导的对称蚀刻。

5. 根据权利要求2所述的光学套管,其中所述突起特征部包括所述光波导的单侧蚀刻。

具有波导不可触及的空间的光学套管

[0001] 本申请为专利申请案(国际申请日2016年10月3日,申请号 201680059566.9,发明名称为“具有波导不可触及的空间的光学套管”)的分案申请。

技术领域

[0002] 本公开整体涉及诸如光学套管的光学耦合装置。

背景技术

[0003] 光学套管允许光从一个或多个波导穿过第一套管到达一组对应的波导或相配合的第二套管的其他装置。光学套管可机械地联接在一起,并且将第一装置的光学元件与配合装置的光学元件对准。光学套管用于在多种应用中光学通信,所述多种应用包括通信网络、局域网、数据中心链接以及计算机设备中的内部链接。

发明内容

[0004] 一些实施方案涉及一种光学套管,该光学套管包括至少一个光影响元件,该光影响元件被配置为当来自光波导的光在光学套管中传播时影响所述光的一种或多种特征,光影响元件具有输入表面。至少一个接收元件接收并固定光波导,使得波导的输出表面光学地耦合至光影响元件的输入表面。当光波导安装在接收元件中时,波导止动件限制波导朝向光影响元件的输入表面移动。当光波导安装在接收元件中时,光波导的输出表面与光影响元件的输入表面之间的空间对于光波导而言是不可触及的。

[0005] 一些实施方案涉及一种光学套管,该光学套管包括被配置为接收并固定光波导的至少一个凹槽。至少一个光影响元件被配置为当来自光波导的光在光学套管中传播时影响所述光的一种或多种特征,所述光影响元件具有邻近凹槽的输入表面。设置在接近光影响元件的输入表面的凹槽中的波导止动件限制光波导朝向输入表面运动。当光波导安装在凹槽中时,光影响元件的输入表面与光波导的输出表面之间的空间对于光波导而言是不可触及的。

附图说明

[0006] 图1A为根据一些实施方案的单纤维光学套管的横剖视图;

[0007] 图1B为图1A的光学套管的透视图;

[0008] 图1C为根据一些实施方案的多波导光学套管的透视图;

[0009] 图1D为根据一些实施方案的具有适应性光学粘合剂并设置在不可触及的空间中的单波导光学套管的横剖视图,该适应性光学粘合剂将波导固定至套管;

[0010] 图1E为根据一些实施方案的具有粘合剂和适应性光学材料的单波导光学套管的横剖视图,其中粘合剂将波导固定至套管,适应性光学材料设置在不可触及的空间中;

[0011] 图1F和图1G均示出了根据一些实施方案的光学套管的横剖视图,其中示出与光学套管的波导止动件接合的波导特征部;为根据一些实施方案的单波导光学套管的横剖视

图；

- [0012] 图2A为根据一些实施方案的光学套管的透视图；
- [0013] 图2B为图2A的光学套管的平面图；
- [0014] 图2C为图2A的光学套管的另一透视图；
- [0015] 图3A为根据一些实施方案的光学套管的透视图；
- [0016] 图3B为图3A的光学套管的平面图；
- [0017] 图3C为图3A的光学套管的另一透视图；
- [0018] 图4示出了根据各种实施方案的光学套管的一部分，该光学套管包括复合凹槽，该复合凹槽具有居中排布结构；
- [0019] 图5示出了图4所示的复合凹槽的各种细节，该凹槽被配置为接收光波导；
- [0020] 图6示出了图4所示的凹槽的纵向过渡区段；
- [0021] 图7为根据各种实施方案的光学套管附接区域的俯视图，该光学套管附接区域包括前向粘合剂腔体；
- [0022] 图8为图7所示的光学套管附接区域的侧视图；
- [0023] 图9为根据各种实施方案的光学套管附接区域的俯视图，该光学套管附接区域包括横向粘合剂腔体；
- [0024] 图10为图9所示的光学套管附接区域的侧视图；
- [0025] 图11为根据各种实施方案的光学套管附接区域的俯视图，该光学套管附接区域包括共享前向粘合剂贮存器；
- [0026] 图12至图18示出了根据各种实施方案将波导安装在光学套管附接区域的复合凹槽中的过程；
- [0027] 图19示出了在将波导安装在复合凹槽中时可能发生的对准错误；
- [0028] 图20示出了根据各种实施方案的具有凹陷底表面和边沿区域的凹槽，该凹槽有助于减少图19所示的对准错误；
- [0029] 图21至图23示出了根据各种实施方案的具有两个隔开区段的凹槽，该隔开区段包括角对准区段和包括居中表面的纵向过渡区段；以及
- [0030] 图24示出了根据各种实施方案的光学套管，该光学套管包括具有定位排布结构的复合凹槽。
- [0031] 附图未必按照比例绘制。附图中使用的相似数字指示相似的部件。然而，应当理解，在给定附图中使用数字指示部件并非旨在限制另一附图中用相同数字标记的部件。

具体实施方式

[0032] 当使用折射率匹配的粘合剂将玻璃光纤附接到诸如聚合物光学套管的光学套管时，可能出现粘合剂从纤维顶端和/或从套管的光影响元件的光学输入表面分层的问题。通常在这些系统中，纤维被推至与光学输入表面接触，因此在纤维顶端与光影响元件的光学输入表面之间形成极薄的粘合剂层。通过微分热膨胀、粘合剂收缩和/或机械力可向该引起粘合剂失效的界面施加压力。

[0033] 本文所述的实施方案涉及光学套管(也称为光耦合单元或LCU)，该光学套管在波导末端与光学输入表面之间具有波导不可触及的空间。本文所公开的方法通过在波导顶端

与光学输入表面之间的波导不可触及的空间中提供相对适应性材料的贮存器,减轻了分层问题。在一些实施方案中,本文所公开的方法可以与Y形凹槽或常规V形凹槽、U形凹槽或圆柱形孔纤维定位系统结合使用。在一些实施方案中,本文所公开的方法可以与具有居中侧壁的内槽配合用于控制内槽内的波导位置。

[0034] 术语波导或光波导在本文中用于指传播信号光的光学元件。光波导包括至少一个具有包层的芯,其中芯和包层被配置为例如通过全内反射在芯内传播光。光波导可为例如单模式或多模式波导、单芯纤维、多芯光纤或聚合物波导。波导可具有任何合适的横截面形状,例如圆形、方形、矩形等。

[0035] 图1A为横剖视图,并且图1B为根据一些实施方案的光学套管100的透视图。光学套管100包括被配置为接收并固定光波导106的至少一个接收元件101。例如,如图1A所示,接收元件101可包括孔,例如直径大于波导106的直径的大致圆柱形孔。光学套管100包括至少一个光影响元件102。如图1A和图1B所示,光影响元件102可包括输入表面102a、透镜102b,以及在输入表面102a与透镜102b之间的中间区段102c。光影响元件102影响在光学套管100中传播的来自波导106的光的一种或多种特征。例如,被光影响元件影响的光的所述一种或多种特征可包括来自波导106的光的方向和/或发散度。

[0036] 光纤116包括波导106,该波导具有芯(例如,玻璃芯)和玻璃包层,其中芯和包层被配置为通过全内反射在芯内传播光。缓冲涂层(未示出)可围绕光纤116的波导106的部分。在一些实施方案中,光纤还包括护套。如图1A至图1C所示,缓冲涂层和光纤116的护套可被剥去,使得仅光纤116的波导106插入接收元件101中。

[0037] 当波导106安装在接收元件中时,波导106a的输出表面(在本文中也称为“波导的末端”)光学地耦合至光影响元件102的输入表面102a。波导106的输出表面106a与光影响元件102的输入表面102a之间的空间103对于波导106而言是不可触及的。

[0038] 波导止动件104可设置在接收元件101与光影响元件102之间。波导止动件104限制波导106沿x轴朝向光影响元件移动。如图1A所示,波导止动件104可包括沿孔101的位置,其中孔的直径小于波导106的直径。波导止动件104限制波导106的输出表面106a沿x轴朝向光影响元件102的输入表面102a进一步移动。波导止动件104限制波导106沿x轴进一步移动,使得波导106不能在不损坏波导106和/或套管100的情况下进一步推动至孔101内。一些实施方案包括入口105,该入口被配置为使得适应性材料可放置在接收元件101内。

[0039] 在一些实施方案中,波导止动件104被配置为阻止波导106进一步移动,使得波导106的输出表面106a与光影响元件102的输入表面102a之间沿x轴的距离110大于约 $10\mu\text{m}$ 、大于约 $40\mu\text{m}$ 、大于约 $80\mu\text{m}$ 或甚至大于约 $160\mu\text{m}$ 。在一些实施方案中,波导止动件104与光影响元件102的输入表面102a之间的距离大于约 $10\mu\text{m}$ 、大于约 $40\mu\text{m}$ 、大于约 $80\mu\text{m}$ 或甚至大于约 $160\mu\text{m}$ 。

[0040] 在一些实施方案中,波导不可触及的空间103的至少一部分形成用于包含一种或多种适应性材料的贮存器。例如,贮存器103可使用适应性光学材料填充,诸如光学粘合剂、光学凝胶或光学油。适应性光学材料允许来自波导106的光穿过波导106的输出表面106a与光影响元件102的输入表面102a之间的不可触及的空间103传播。

[0041] 在一些实施方案中,适应性光学粘合剂119可用于将波导106固定至套管100,并且适应性光学粘合剂119也可设置在如图1D所示的不可触及的空间103中。在一些实施方案

中,如图1E所示,光学材料118如适应性光学材料(诸如折射率油或凝胶)可设置在不可触及的空间103中,其中光学材料118不同于用于将波导106粘结至套管100的粘合剂117。当未使用粘合剂117填充波导不可触及的空间103时,粘合剂117可以但不需要为光学粘合剂,即粘合剂117不需要对于来自光波导106的光是透明的。

[0042] 图1A和图1B所示的光学套管100示出为单纤维光学套管,但如图1A和图1B所示的相似构造可被复制以形成如图1C所示的多纤维光学套管120。

[0043] 如上面图1A所示,波导止动件可包括沿孔的位置,其中孔的直径小于波导的(输出)末端的直径。在这种情形中,波导止动件的位置可以与波导的末端的位置相同或大致相同。在一些实施方案中,波导(或波导阵列)可包括除波导末端之外的特征部,例如与波导末端间隔开的突起,该特征部与光学套管的波导止动件接合以限制波导朝向光影响元件的输入表面进一步移动。例如,在一些实施方案中,波导可包括平坦波导阵列,该平坦波导阵列包括在波导阵列上的诸如凹坑、突起、通孔、柱子或夹头的特征部,该特征部与光学套管上的波导止动件特征部对准,以限制波导的输出表面朝向光影响元件的输入表面进一步移动。

[0044] 图1F和图1G为根据一些实施方案的光学套管130,140的横剖视图。光学套管130,140包括被配置为接收并固定光波导136,146的至少一个接收元件,例如孔131,141。光学套管130,140包括至少一个光影响元件132,142。光影响元件132,142可包括输入表面132a,142a、透镜132b,142b,以及在输入表面132a,142a与透镜132b,142b之间的中间区段132c,142c。光影响元件132,142影响在光学套管130,140中传播的来自波导136,146的光的一种或多种特征。

[0045] 当波导136,146安装在接收元件131,141中时,波导136a,146a的输出表面光学地耦合至光影响元件132,142的输入表面132a,142a。波导136,146的输出表面136a,146a与光影响元件132,142的输入表面132a,142a之间的空间133,143对于波导136,146而言是不可触及的。

[0046] 波导止动件134,144可设置在接收元件131,141与光影响元件132,142之间。波导止动件134,144限制波导136,146沿x轴朝向光影响元件132,142移动。如图1F和图1G所示,波导止动件134,144可包括沿孔131,141的位置,其中孔的边与波导136,146的突起特征部137,147接合。突起特征部137,147与波导止动件134,144的接合限制波导136,146的输出表面136a,146a沿x轴朝向光影响元件132,142的输入表面132a,142a进一步移动。突起特征部137可以是对称的,例如光纤的对称蚀刻,如图1F所示。另选地,突起特征部147可以是如图1G所示的单侧的,例如,突起特征部可由平坦波导的单侧蚀刻形成。

[0047] 图2A为根据一些实施方案的光学套管200的透视图,图2B为俯视图,并且图2C为另一透视图。光学套管200包括被配置为接收并固定光波导206的至少一个接收元件201。在图2A至图2C中,光学套管200的接收元件201被示出为V形凹槽。另选地,凹槽可具有U形、Y形或任何其他合适的形状。

[0048] 光学套管200包括至少一个光影响元件202。如图2A至图2C所示,光影响元件202可包括输入表面202a、光重定向元件202b,以及在输入表面202a与光重定向元件202b之间的中间区段202c。当光波导206安装在接收元件201中时,光波导的输出表面206a光学地耦合至光影响元件202的输入表面202a。光影响元件202影响在光学套管200中传播的来自波导

206的光的一种或多种特征。

[0049] 光纤216包括波导206,该波导具有芯(例如,玻璃芯)和玻璃包层,其中芯和包层被配置为通过全内反射在芯内传播光。缓冲涂层206b围绕光纤216的波导206。在一些实施方案中,光纤还包括护套206c。如图2A至图2C所示,缓冲涂层206b和光纤216的护套206c可被剥去,使得仅光纤216的波导206插入到接收元件201中。空间203对于光纤216的波导206而言是不可触及的。

[0050] 在一些实施方案中,套管200包括波导止动件204,该波导止动件限制波导206沿x轴进一步移动,使得波导206不能在不损坏波导206和/或套管200的情况下沿凹槽201进一步推动。如图2A至图2C所示,波导止动件204可包括壁,该壁具有用于粘合剂或其他适应性材料的开口205。波导206的输出表面206a与光影响元件202的输入表面202a之间的空间203对于波导206而言是不可触及的。在一些实施方案中,波导止动件204被配置为阻止波导206进一步移动,使得波导206的输出表面206a与光影响元件202的输入表面202a之间沿x轴的距离210大于约 $10\mu\text{m}$ 、大于约 $40\mu\text{m}$ 或大于约 $80\mu\text{m}$ 或甚至大于约 $160\mu\text{m}$ 。不可触及的空间203可使用适应性光学材料填充,诸如光学粘合剂、光学凝胶或光学油。例如,可使用将波导206固定至套管200的光学粘合剂。例如,可对适应性材料进行选择,使得来自波导206的光基本上不受阻碍地穿过波导206的输出表面206a与光影响元件202的输入表面202a之间的不可触及的空间203传播。

[0051] 图3A为根据一些实施方案的光学套管300的透视图,图3B为俯视图,并且图3C为另一透视图。光学套管300包括被配置为接收并固定光波导306的至少一个接收元件301。在图3A至图3C中,光学套管300的接收元件301被示出为具有居中侧壁301a的Y形凹槽。居中侧壁301a成角度,以使波导306相对于光影响元件302的输入表面302a沿y轴居中。

[0052] 光学套管300包括至少一个光影响元件302。如图3A至图3C所示,光影响元件302可包括输入表面302a、光重定向元件302b,以及在输入表面302a与光重定向元件302b之间的中间区段302c。光影响元件302影响在光学套管300中传播的来自波导306的光的一种或多种特征。

[0053] 套管300包括波导止动件304,该波导止动件被配置为阻止波导306沿x轴朝向光影响元件的输入侧面302a进一步运动。波导止动件304阻止凹槽301内的波导306在不损坏波导306和/或套管300的情况下进一步朝向光影响元件302的输入侧面302a推动。如图3A至图3C所示,波导止动件304可包括沿居中特征部301a的位置,其中波导止动件304处的凹槽301的侧壁之间的距离变得小于波导306的直径。波导306的输出表面306a与光影响元件302的输入表面302a之间的空间303(示于图3B中)对于波导306而言是不可触及的。在一些实施方案中,波导止动件304被配置为阻止波导306进一步移动,使得波导306的输出表面306a与光影响元件302的输入表面302a之间沿x轴的距离310大于约 $10\mu\text{m}$ 、大于约 $40\mu\text{m}$ 、大于约 $80\mu\text{m}$ 或甚至大于约 $160\mu\text{m}$ 。

[0054] 不可触及的空间303(示于图3B中)可使用适应性光学材料填充,诸如光学粘合剂、光学凝胶或光学油。例如,可使用将波导306固定至套管300的光学粘合剂。适应性光学材料允许来自波导306的光基本上不受阻碍地穿过波导306的输出表面306a与光影响元件302的输入表面302a之间的不可触及的空间303(参见图3B)传播。

[0055] 通常使用V形凹槽(例如,V凹槽)将光波导或光纤附接到光学或光电装置。使用夹

持机构迫使波导进入凹槽(通常为90°角的V凹槽)底部。通常,施用折射率匹配的粘合剂以将波导永久性地保持在V凹槽中。该方案具有若干挑战。夹持机构必须提供足够的力将波导弯曲,以将其安置在凹槽中并与凹槽对准,还要具有足够的适应性以接触波导带的每个波导。夹持机构还必须允许在其没有变得粘结至波导的情况下能够施用粘合剂。在V凹槽上方设置夹持机构使得难以观察波导的位置或使用光固化粘合剂。使用具有平坦底部和竖直侧壁的U形凹槽(例如,U凹槽)具有若干挑战。先前未解决关于易于捕获波导以及与凹槽宽度所需的空隙相关的定位错误的问题。

[0056] 实施方案涉及一种具有一个或多个凹槽的光耦合单元,所述凹槽被配置为接收并永久性地附接到一个或多个光波导。在一个实施方案中,凹槽的一部分提供近似竖直的侧壁,该近似竖直的侧壁允许光波导横向弯曲至正确位置。凹槽顶部可形成得更宽,以提供有助于将光波导捕获到凹槽中的大致Y形横截面(例如,Y凹槽)。如先前所论述,光波导可为单模式光波导、多模式光波导,或单模式或多模式光波导的阵列。在一些实施方案中,波导为单模式或多模式聚合物光波导。

[0057] 在另一个实施方案中,凹槽的一部分提供近似竖直的侧壁,该近似竖直的侧壁允许光波导横向弯曲至正确位置。凹槽的该部分可制成为比光波导的直径略宽,以提供用于初始捕获光波导的间隙。一旦与凹槽底部接触并且与其大致平行,光波导的端部轴向滑动至凹槽的宽度逐渐变窄至小于光波导的直径的位置。光波导的顶端止于此,并且被正确定位。根据一些实施方案的凹槽的顶部可被形成为更宽,以提供有助于将光波导捕获到凹槽中的大致Y形横截面。

[0058] 图4示出了根据各种实施方案的LCU 4100的一部分。图4所示的 LCU 4100包括单个LCU附接区域4102。尽管图4示出了单个LCU附接区域4102,但应当理解,在LCU 4100上可提供用于接收并永久性地附接至多个光波导的多个附接区域4102。LCU附接区域4102包括具有入口4111 的Y形凹槽4110、末端4113,以及在入口4111与末端4113之间延伸的中心平面4112(参见图5)。如图5所示的中心平面4112是将Y形凹槽 4110的底表面4125平分并且从底表面4125垂直延伸的平面。Y形凹槽 4110被配置为接收光波导,诸如图5所示的大致圆柱形波导4105。

[0059] LCU 4100包括光重定向构件4104以及在光重定向构件4104与末端 4113之间的中间区段4108。在一些实施方案中,末端4113包括光学清晰的构件如透镜,或者由光学透明材料形成。中间区段4108由光学透明材料形成。光重定向构件4104包括输出侧面4106,光透过该输出侧面离开(或进入)光定向构件4104。

[0060] 根据一些实施方案,并且参考图4和图5,Y形凹槽4110是由大致U形下部4120与伸展上部形成的复合凹槽,该伸展上部使得该复合凹槽大致为Y形。应当理解,出于方便而非限制的目的,修饰术语凹槽的术语U和 Y用于表示这些凹槽的近似形状。

[0061] 如图5最佳所示,Y形凹槽4110由第一区域4120'、第二区域4130'、开口4140和底表面4125限定。第一区域4120'限定在底表面4125与第二区域4130'之间。第一区域4120'包括由间距S隔开的大致平行的侧壁4122。侧壁4122在竖直方向上可具有一度或几度(例如,小于约10度)的拔模角,并且因此可被认为彼此大致平行。例如,侧壁4122可垂直于底表面4125,相差约5度以内。侧壁4122可具有略微向外的斜度或拔模角,以有助于制造期间侧壁4122的脱模。在这种情况下,大致竖直的侧壁4122形成拔模角 α ,其中平面4112从底表面

4125垂直延伸。

[0062] 第二区4130'设置在第一区4120'与开口4140之间。开口4140限定在 Y形凹槽4110的顶表面4127之间。开口4140的宽度W大于侧壁4122之间的间距S。从图5可看出,第一区4120'限定了Y-Y形凹槽4110的U形下部4120,并且第二区4130'限定了扩展上部4130。

[0063] 第二区4130'包括从Y形凹槽4110的中心平面4112向外延伸的侧壁 4132。在图5中,侧壁4132包括可考虑为倒角侧壁的线性侧壁。在其他实施方案中,侧壁4132(例如通过具有一些角度的曲率)可为非线性。侧壁 4132在第一区4120'与开口4140之间延伸,并且侧壁4132之间的间距从第一区4120'向开口4140逐渐增加。

[0064] 根据一些实施方案,开口4140的宽度W比第一区4120'的间距S多出等同于间距S的约一半的距离。在其他实施方案中,开口4140的宽度W 比间距S多出大于间距S的一半的距离。第一区4120'的侧壁4122的高度可大于波导4105高度的约50%。例如,第一区4120'的侧壁4122的高度可介于光波导4105高度的约50%至75%之间。在一些实施方案中,第一区4120'的侧壁4122的高度可大于约62.5至65 μm 但小于光波导4105的高度。在其他实施方案中,第一区4120'的侧壁4122的高度可大于约75 μm 但小于光波导4105的高度。在图5所示的实施方案中,Y形凹槽4110的总高度约等于波导4105(例如,约125 μm)的高度。在一些实施方案中,Y形凹槽4110的总高度可小于或大于波导4105的高度。覆盖层4135(可选) 可被配置为覆盖波导4105以及LCU 4100的凹槽4110。

[0065] 如从图5所见,在最接近光波导4105的区域中的第一区4120'的侧壁 4122之间的间距比波导的宽度多出预定间隙。在一些实施方案中,预定间隙可小于约1 μm 。在其他实施方案中,预定间隙可介于约1至3 μm 之间。在其他实施方案中,预定间隙可介于约1至5 μm 之间。例如,光波导4105 可具有约125 μm 的宽度,并且第一区4120'的侧壁4122之间间隔的间距可包括约1至5 μm 的间隙。

[0066] 在采用包括多模式纤维的波导4105的实施方案中,预定间隙可介于约 1至5 μm 之间。例如,预定间隙可等于包括多模式纤维的光波导4105宽度的约0.8%至4%。在采用包括单模式纤维的波导4105的实施方案中,预定间隙可介于约0至2 μm 之间。例如,预定间隙可等于包括单模式纤维的光波导4105宽度的约0至1.6%。在一些情况下,间隙可小于0,使得当将波导4105置于Y形凹槽4110中时使Y形凹槽发生形变。

[0067] 图5和图6所示的波导4105包括由包层4109围绕的芯4107。重要的是,当使用光学(折射率匹配的)粘结材料将波导4105永久粘结在Y形凹槽4110内时,芯4107可与光重定向构件(参见图4所示的4104)光学对准。在一些实施方案中,Y形凹槽4110包括居中排布结构,当波导4105 安装在Y形凹槽4110中时,波导4105被该居中排布结构强行横向导向到 Y形凹槽4110的中心平面4112。除了使芯4107沿Y形凹槽4110的中心平面4112居中外,居中排布结构还提供波导止动件,该波导止动件限制波导 4105在Y形凹槽4110内的轴向移位。如此,根据一些实施方案的复合Y 形凹槽4110包括,与U形凹槽单独结合或与Y形凹槽结合的居中排布结构。

[0068] 图4和图6示出了结合了居中排布结构的Y形凹槽4110,该居中排布结构由包括第一端部4115'和第二端部4115''的纵向过渡区段4115限定。第一端部4115'具有等同于第一区4120'的侧壁4122之间的间距S的宽度。第二端部4115''具有小于光波导4105宽度的宽度。例如,通过在过渡区段 4115内将侧壁向内对准,过渡区段4115内的侧壁间距逐渐减小。过

渡区段 4115包括居中侧壁4126,该居中侧壁始于侧壁4122的末端并且朝向Y形凹槽4110的中心平面向内突出。居中侧壁4126可视为Y形凹槽4110的倒角侧壁。侧壁4122与过渡区段4115的居中侧壁4126可包括大致平坦的侧壁表面或不平坦的侧壁表面。

[0069] 居中侧壁4126与侧壁4122形成介于约5至45度之间的角度 β 。相对于Y形凹槽4110的总长度,纵向过渡区段4115不需要太长。例如,Y形凹槽4110的长度可介于200 μm 至2000 μm 之间,并且居中侧壁4126可从侧壁4122延伸约2 μm 至50 μm 的距离。居中侧壁4126可具有与侧壁4122 相同的高度。

[0070] 随着波导4105在Y形凹槽4110内朝向光重定向构件4104轴向移位,波导4105的末端4103与居中侧壁4126接触,并且被导向至Y形凹槽4110 的中心平面,使得波导4105的中心轴线在Y形凹槽4110内居中。间隙4129由居中侧壁4126的末端限定。间隙4129足够宽以允许自波导4105的芯4107发出的光不受阻碍地通过。居中侧壁4126的长度和间隙4129的宽度的尺寸被设计为优选地适应波导4105的芯和包层的尺寸。通过居中排布结构使波导4105的末端4103适当地在Y形凹槽4110内居中,包层4109 与居中侧壁4126在波导止动件604的位置接触,并且芯4107与间隙4129 的中心对准。应当理解,图4至图6所示的居中排布结构能够在U形凹槽或复合U形凹槽(诸如Y形凹槽)中实现。

[0071] 图7示出了根据各种实施方案、LCU 4100的LCU附接区域4102的顶视图。图7所示的LCU附接区域4102示出了在Y形凹槽4110内居中的波导4105的末端4103。图7所示的Y形凹槽4110的实施方案包括在入口 4111与Y形凹槽4110的纵向过渡区段4115之间的对准特征部。该对准特征结构包括凹槽侧壁4122的突起区段4124。相对突起区段4124之间的间距略微大于波导4105的宽度并且小于相对侧壁4122之间的间距。当波导端部4103定位在Y形凹槽4110的过渡区段4115中时,对准特征部的突起区段4124用以提供波导4105相对于Y形凹槽4110的中心平面的角对准。在一些实施方案中,由突起区段4124形成的对准特征部位于或接近凹槽入口4111。

[0072] 在图7所示的实施方案中,示出了在波导止动件604的位置处的波导 4105的末端4103的边缘,该边缘略微嵌入过渡区段4115的居中壁4126。在该实施方案中,波导4105的包层4109由比用于形成居中壁4126的材料更硬的材料(例如,玻璃)形成。当波导4105的末端4103在其居中位置上抵靠在居中壁4126上时,居中壁4126中的形变4128可通过向波导4105施加轴向导向力形成。当施加光学粘结材料以将波导4105永久粘结在Y形凹槽4110内时,形变4128助于使波导4105适当地在Y形凹槽4110内居中。

[0073] 图7所示的Y形凹槽4110的实施方案包含被限定在Y形凹槽4110的侧壁4122与波导4105的外围之间的粘结区4123。粘结区4123可由粘结材料(例如,光学粘结材料)填充,当该粘结材料固化时,将波导4105永久粘结在Y形凹槽4110内。在一些实施方案中,粘结区4123在波导4105、平坦底表面4125与侧壁4122之间被限定为体积。在其他实施方案中,沿侧壁4122的一部分可在底表面4125与侧壁4122相交处形成低凹或谷,以增加Y形凹槽4110内捕获的粘结材料的体积。

[0074] 图7还示出了被配置为接收一定体积的光学粘结材料的向前粘结腔体 4131,当该光学粘结材料固化时,用以增加波导4105的末端4103与LCU 附接区域4102之间的粘结强度(例如,完整性)。在一些实施方案中,粘结腔体4131被配置为透射来自波导4105的端部的光。如图8所示,向前粘结腔体4131可包括低凹4131',该低凹形成为LCU附接区域4102的底

表面4125。低凹4131'用以增加向前粘结腔体4131中用于接收光学粘结材料的总体积,从而增强波导4105的末端4103与LCU附接区域4102之间的粘结强度/完整性。图9还示出了位于位置4133的Y形凹槽4110的入口 4111,凹槽110的底表面4125在该入口处从斜坡过渡至平坦。

[0075] 图9示出了图7所示的粘结区4123和向前粘结腔体4131,并且还示出了从Y形凹槽4110的每个侧壁4122横向延伸的横向粘结腔体4121。横向粘结腔体4121可为粘结区4123的延伸部分。横向粘结腔体4121在波导 4105的末端103的侧面附近提供了用于接收额外粘结材料的体积,增加了 Y形凹槽4110与波导4105之间的粘结强度/完整性。如图10所示,横向粘结腔体4121可包括低凹4121',该低凹形成LCU附接区域4102的底表面 4125。低凹4121'用以增加横向粘结腔体4121中用于接收光学粘结材料的总体积,从而增强波导4105与Y形凹槽4110之间的粘结强度/完整性。

[0076] 图11示出了包括多个凹槽4110的LCU附接区域4102,每个凹槽均具有设置在其中的波导4105。在图11中,示出了两个凹槽4110与各自的波导4105,这些波导在波导止动件604的位置处在凹槽4110内的居中位置上与居中表面4126接触。图11示出了位于邻近向前粘结腔体4131的位置的粘结贮存器4131"。粘结贮存器4131"属于LCU附接区域4102的一部分,该粘结贮存器由两个或多个向前粘结腔体4131共享。就这一点而言,粘结贮存器4131"流体地连接至两个或多个向前粘结腔体4131。粘结贮存器 4131"在波导4105的末端4103附近提供了用于接收额外粘结材料的体积,增加了波导4105与LCU附接区域4102之间的粘结强度/完整性。

[0077] 图12至图17示出了根据各种实施方案,在LCU附接区域4102的Y形凹槽4110中安装波导4105的过程。在一些实施方案中,可使用带有数字相机的显微镜监控安装过程,以提供类似于如图12和图13所示的视图(例如,顶视图、侧视图)。将要定位在Y形凹槽4110内的波导4105被示为从包围波导4105的缓冲层4116延伸。缓冲层4106通常为用以保护波导4105的聚合物护套。

[0078] 波导4105首先以末端4103小角度(例如,5°至20°)朝下的方式定位在Y形凹槽4110的扩展区(例如,上区)上方。图12和图13示出了典型示例,在该示例中,波导4105最初未对准至Y形凹槽4110内。Y形凹槽 4110的上扩展区包括倾斜侧表面4132,用以捕获波导4105,并将波导 4105收集至Y形凹槽4110的U形凹槽区(例如,下区)。随着将波导 4105的末端4103下降,末端4103接触Y形凹槽区一个侧面的捕获侧壁 4132,该捕获侧壁将末端4103导入Y形凹槽4110的底区(例如,U形凹槽区),迫使波导4105弯曲和/或横向移动。

[0079] 随着波导4105下降至Y形凹槽4110中(参见图14),通过Y形凹槽 4110的底表面4125将末端4103向上弯曲。同时,Y形凹槽4110继续使波导4105弯曲和/或横向移动,使得波导4105由Y形凹槽4110的U形凹槽区近乎竖直的侧壁4122限制(参见图15)。如图16所示,当波导4105大致水平时(即,与Y形凹槽4110的底表面4125正切),波导4105被推入 Y形凹槽4110的纵向过渡区段4115(参见图17),直到末端4103接触居中表面4126(参见图18)。居中表面4126按需要横向推动波导4105的末端4103直到末端4103在波导止动件604的位置上与Y形凹槽4110两侧的居中表面4126接触,从而使波导4105的末端4103在Y形凹槽4110内精确居中,如图18最佳所示。

[0080] 随着居中表面4126使波导4105居中,该波导的最终角度通常为水平,并且可通过

任何合适的机械手段控制,任选地通过侧视图的光学检测导向,如图16所示的视图。图19示出了当波导4105下降过多使得其接触到Y形凹槽4110的底表面4125的后边缘4125'时可发生的对准错误。在此情形中,波导4105的末端4103上翘至Y形凹槽4110外。使Y形凹槽4110的底表面4125的大部分凹陷,仅在Y形凹槽4110的末端4113处保留相对短的边沿区4125'',极大地降低了此类未对准(图20)。

[0081] 如图20最佳所示,相对于临近Y形凹槽4110的末端4113的边沿区4125'',底表面的大部分4125''凹陷。在一些实施方案中,Y形凹槽4110的底表面4125的凹陷区段4125''可从Y形凹槽4110的入口4111朝向末端4113延伸并且覆盖底表面4125约二分之一以上的表面积。例如,凹陷区段4125''可从Y形凹槽4110的入口4111延伸至距离末端4113的一段距离内,该距离小于由Y形凹槽4110接收的波导4105的高度的约两倍。通常,凹陷区段4125''的至少一部分将由固化的光学粘合剂填充,使得波导4105被良好负载。

[0082] 包括下U形凹槽以及扩展的上凹槽的复合Y形凹槽4110可由热塑性塑料(例如,Ultem)注模制造。这种材料具有远大于玻璃光纤热膨胀系数的热膨胀系数。因此,存在由热偏移引起应力的担心,诸如在计算机机箱中操作是可发生。由于包含Y形凹槽4110的部分翘曲或甚至由于用于粘结波导4105的粘合剂失效,这些应力可能导致光学未对准。为使这种应力最小化,需要使由粘合剂填充的Y形凹槽4110的长度最小化。然而,需要足够的凹槽长度限制波导4105的角度。Y形凹槽4110的所需长度取决于光学系统的角度容差以及Y形凹槽4110所包括的附加宽度,该附加宽度提供用于波导4105的间隙。

[0083] 图21至图23示出了具有两个单独区段4110a和4110b的Y形凹槽4110。邻近波导4105的末端4103的短区段包括纵向过渡区段4115以及居中表面4126。波导止动件604限制波导进一步轴向移动。区段4110a可由折射率匹配粘合剂填充。将单独区段4110b置于距离区段4110b一定的足够距离(例如,0.5mm)处,使得其为波导4105提供准确的角对准但不填充粘合剂。这种设计在不损害角对准的情况下,使得与热膨胀(通过使粘结长度最小化)相关联的应力最小化。

[0084] 图24示出了根据各种实施方案的LCU 6100的一部分。图24所示的LCU 6100包括单个LCU连接区域6102。尽管图24示出了单个LCU附接区域6102,但应当理解,在LCU 6100上可提供用于接收并永久性地附接至多个光波导的多个附接区域6102。LCU附接区域6102包括具有入口6111和末端6113的凹槽6110。凹槽6110被配置为接收光波导,诸如图5所示的大致圆柱形波导4105。

[0085] LCU 6100包括光重定向构件(未在图24示出但可参见图4的4104)以及在光重定向构件与末端6113之间的中间区段6108。在一些实施方案中,末端6113包括光学清晰的构件如透镜,或者由光学透明材料形成。中间区段6108由光学透明材料形成。光重定向构件包括输出侧面,光透过该输出侧面离开(或进入)光定向构件。

[0086] 根据一些实施方案,凹槽6110为由大致U形的下部6123和扩展上部6127、6132形成的复合凹槽,使得复合凹槽大致为Y形(Y形凹槽),如本文所详述。凹槽6110包括纵向过渡区段6115,该纵向过渡区段包括单个居中侧壁6126。在纵向过渡区段6115内,侧壁6122和6122'之间的间距从等同于光波导6105的宽度加上间隙减小到小于光波导6105宽度的宽度。在图24所示的实施方案中,侧壁6122中的一个侧壁在入口6111与凹槽6110的末端6113之间大致平坦。相对侧壁6122'包括大致平行于侧壁6122的侧壁部分并且过渡至在过渡区

段6115中向内成角度的居中侧壁6126。居中侧壁6126可视为凹槽6110的倒角侧壁。

[0087] 在图24中,凹槽6110包括仅在凹槽6110的一个侧面上的居中侧壁 6126。因此,单个居中侧壁6126可视为定位侧壁6126。在组装期间,光波导6105沿平坦侧壁6122滑动直至定位侧壁6126将光波导6105压在凹槽 6110内波导止动件604的位置处,如图24所示。在这个位置上,定位侧壁 6126充当波导止动件604并且阻止光波导6105的末端6103在凹槽6110内进一步纵向推进。图24所示的实施方案的一个优点在于,在组装期间可良好控制光波导6105的角度,因为该光波导可弯曲至平行于侧壁6122。在一些实施方案中,定位侧壁6126不需要钳住光波导6105,但只要在组装期间光波导6105可(诸如通过限定凹槽6110的端部或一些其他障碍)被弯曲至抵靠在侧壁6122,该定位侧壁即可作为替代充当常规止动件。

[0088] 在以下共同拥有且同时提交的美国专利申请中提供了关于可结合本文所述的方法使用的套管、对准框架和连接器的其他信息,这些专利申请以引用方式并入本文:标题为“Connector with Latching Mechanism”、代理人案卷号为No.76663US002的美国专利申请S/N 62/239,998;标题为“Optical Ferrules”、代理人案卷号为No.76982US002的美国专利申请S/N 62/240,069;标题为“Ferrules,Alignment Frames and Connectors”、代理人案卷号为No.75767US002的美国专利申请S/N 62/240,066;标题为“Optical Coupling Device with Waveguide Assisted Registration”、代理人案卷号为No.76660US002的美国专利申请S/N 62/240,010;标题为“Optical Cable Assembly with Retainer”、代理人案卷号为No.76662US002的美国专利申请S/N 62/240,008;标题为“Dust Mitigating Optical Connector”、代理人案卷号为No.76664US002的美国专利申请S/N 62/240,000;标题为“Optical Waveguide Registration Feature”、代理人案卷号为No.76661US002的美国专利申请S/N 62/240,009;标题为“Optical Ferrules and Optical Ferrule Molds”、代理人案卷号为No.75985US002的美国专利申请62/239,996;标题为“Configurable Modular Connectors”、代理人案卷号为 No.76907US002的美国专利申请62/240,003;以及标题为“Hybrid Connectors”、代理人案卷号为No.76908US002的美国专利申请 62/240,005。

[0089] 本公开所述的项目包括:

[0090] 项目1。一种光学套管,包括:

[0091] 至少一个光影响元件,该光影响元件被配置为当来自光波导的光在光学套管中传播时影响光的一种或多种特征,该光影响元件具有输入表面;

[0092] 至少一个接收元件,该接收元件被配置为接收并固定光波导,使得波导的输出表面光学地耦合至光影响元件的输入表面;

[0093] 波导止动件,该波导止动件被配置为当光波导安装在接收元件中时,限制波导朝向光影响元件的输入表面移动;以及

[0094] 光波导的输出表面与光影响元件的输入表面之间的空间,当光波导安装在接收元件中时,光波导不可触及该空间。

[0095] 项目2。根据项目1所述的光学套管,其中接收元件包括一个或多个凹槽。

[0096] 项目3。根据项目1所述的光学套管,其中接收元件包括一个或多个孔。

[0097] 项目4。根据项目1所述的光学套管,其中接收元件包括至少一个柱形孔。

[0098] 项目5。根据项目1至4中任一项所述的光学套管,其中光学套管为单光纤套管。

- [0099] 项目6。根据项目1至4中任一项所述的光学套管,其中光学套管为多光纤套管。
- [0100] 项目7。根据项目1所述的光学套管,其中接收元件为U形凹槽。
- [0101] 项目8。根据项目7所述的光学套管,其中波导止动件包括以下位置,在该位置处U形凹槽的宽度小于波导的直径。
- [0102] 项目9。根据项目7所述的光学套管,其中U形凹槽包括居中侧壁,该居中侧壁被配置为使光波导在U形凹槽内居中。
- [0103] 项目10。根据项目7所述的光学套管,其中U形凹槽包括至少一个居中侧壁,该居中侧壁被配置为将光波导定位在U形凹槽中。
- [0104] 项目11。根据项目1所述的光学套管,其中接收元件为V形凹槽。
- [0105] 项目12。根据项目1所述的光学套管,其中接收元件为Y形凹槽。
- [0106] 项目13。根据项目12所述的光学套管,其中波导止动件包括以下位置,在该位置处Y形凹槽的宽度小于波导的直径。
- [0107] 项目14。根据项目12所述的光学套管,其中Y形凹槽包括一个或多个居中侧壁,该居中侧壁被配置为将光波导定位在Y形凹槽内。
- [0108] 项目15。根据项目12所述的光学套管,其中Y形凹槽包括至少一个居中侧壁,该居中侧壁被配置为将光波导定位在Y形凹槽中。
- [0109] 项目16。根据项目12所述的光学套管,其中居中侧壁之间的宽度在朝向输入表面的方向上沿凹槽的纵向轴线逐渐变窄。
- [0110] 项目17。根据项目16所述的光学套管,其中波导止动件包括以下位置,在该位置处居中侧壁之间的宽度小于波导的直径。
- [0111] 项目18。根据项目1至17中任一项所述的光学套管,其中波导止动件包括壁。
- [0112] 项目19。根据项目1至18中任一项所述的光学套管,其中光影响元件包括透镜。
- [0113] 项目20。根据项目1至19中任一项所述的光学套管,其中光影响元件包括被配置为重新导向来自光波导的光的元件。
- [0114] 项目21。根据项目1至20中任一项所述的光学套管,其中波导不可触及的空间被配置为允许光在波导的输出表面与光影响元件的输入表面之间不受阻碍地传播。
- [0115] 项目22。根据项目1至21中任一项所述的光学套管,其中波导不可触及的空间包括粘结贮存器。
- [0116] 项目23。根据项目1至22中任一项所述的光学套管,其中波导不可触及的空间被配置为包含适应性材料。
- [0117] 项目24。根据项目23所述的光学套管,其中适应性材料为光学粘合剂、光学凝胶以及光学油中的一者或多者。
- [0118] 项目25。根据项目1至24中任一项所述的光学套管,其中波导的输出表面与光影响元件的输入表面之间的距离大于 $10\mu\text{m}$ 。
- [0119] 项目26。根据项目1至24中任一项所述的光学套管,其中波导的输出表面与光影响元件的输入表面之间的距离大于 $40\mu\text{m}$ 。
- [0120] 项目27。根据项目1至24所述的光学套管,其中波导止动件被定位使得波导止动件与光影响元件的输入表面之间的距离大于 $10\mu\text{m}$ 。
- [0121] 项目28。根据项目1至24所述的光学套管,其中波导止动件被定位使得波导止动件

与光影响元件的输入表面之间的距离大于 $40\mu\text{m}$ 。

[0122] 项目29。根据项目1至28中任一项所述的光学套管,其中光波导由粘合剂固定至接收元件。

[0123] 项目30。根据项目29所述的光学套管,其中粘合剂基本上对来自光波导的光是透明的。

[0124] 项目31。根据项目29所述的光学套管,其中粘合剂还可设置在不可触及的空间中。

[0125] 项目32。根据项目29所述的光学套管,其中光学透明材料设置在不可触及的空间中。

[0126] 项目33。根据项目32所述的光学套管,其中光学透明材料不同于粘合剂。

[0127] 项目34。根据项目29所述的光学套管,其中粘合剂对来自光波导的光是不透明的。

[0128] 项目35。一种光学套管,包括:

[0129] 至少一个凹槽,该凹槽被配置为接收并固定光波导;

[0130] 至少一个光影响元件,该光影响元件被配置为当来自光波导的光在光学套管中传播时影响该光的一种或多种特征,该光影响元件具有靠近凹槽的输入表面;

[0131] 设置在邻近光影响元件的输入表面的凹槽中的波导止动件,该波导止动件被配置为限制光波导朝向输入表面运动;以及

[0132] 光影响元件的输入表面与光波导的输出表面之间的空间,当光波导安装在凹槽中时,该空间对于光波导而言是不可触及的。

[0133] 项目36。根据项目35所述的光学套管,其中凹槽包括U形、V形或 Y形凹槽。

[0134] 项目37。根据项目35至36中任一项所述的光学套管,其中凹槽包括居中侧壁,该居中侧壁被配置为使光波导在凹槽内居中。

[0135] 项目38。根据项目37所述的光学套管,其中波导止动件包括以下位置,在该位置处居中侧壁之间的宽度小于波导的直径。

[0136] 项目39。根据项目35至38中任一项所述的光学套管,其中光影响元件包括透镜。

[0137] 项目40。根据项目35至39中任一项所述的光学套管,其中光影响元件包括被配置为重新导向来自光波导的光的元件。

[0138] 项目41。根据项目35至40中任一项所述的光学套管,其中波导不可触及的空间包括被配置为包含适应性材料的贮存器。

[0139] 项目42。根据项目35至41中任一项所述的光学套管,其中当波导不可触及的空间由粘合剂填充时,该波导不可触及的空间被配置为允许光在波导的输出表面与光影响元件的输入表面之间基本上不受阻碍地传播。

[0140] 项目43。根据项目35至42所述的光学套管,其中波导止动件被定位使得波导的输出表面与光影响元件的输入表面之间的距离大于约 $10\mu\text{m}$ 。

[0141] 项目44。根据项目35至42所述的光学套管,其中波导止动件被定位使得波导的输出表面与光影响元件的输入表面之间的距离大于约 $40\mu\text{m}$ 。

[0142] 项目45。根据项目35至42中任一项所述的光学套管,其中波导止动件与光影响元件的输入表面之间的距离大于约 $10\mu\text{m}$ 。

[0143] 项目46。根据项目35至42中任一项所述的光学套管,其中波导止动件与光影响元件的输入表面之间的距离大于约 $40\mu\text{m}$ 。

[0144] 项目47。根据项目35至46中任一项所述的光学套管,其中凹槽包括侧壁,并且过渡区段中的侧壁之间的间距沿凹槽朝向光影响元件的输入表面减小。

[0145] 项目48。根据项目47所述的光学套管,其中过渡区段包括基本上平坦的侧壁。

[0146] 项目49。根据项目47所述的光学套管,其中过渡区段包括不平坦的侧壁。

[0147] 项目50。根据项目47所述的光学套管,其中光波导的输出表面在波导止动件处接触过渡区段的侧壁。

[0148] 项目51。根据项目47所述的光学套管,其中光波导的包层与过渡区段的侧壁之间的接触将光波导横向导向至凹槽的中心平面。

[0149] 项目52。根据项目35至51中任一项所述的光学套管,其中波导为单模式或多模式光纤。

[0150] 项目53。根据项目35至52中任一项所述的光学套管,其中每个凹槽的底表面包括至少一个凹陷区段。

[0151] 项目54。根据项目53所述的光学套管,其中底表面的大部分包括凹陷区段。

[0152] 项目55。根据项目35所述的光学套管,其中波导包括突起特征部,该突起特征部接合波导止动件以限制光波导朝向输入表面运动。

[0153] 除非另外指明,否则说明书和权利要求书中所使用的表达特征部尺寸、量和物理特性的所有数字在所有情况下均应理解成由术语“约”修饰。因此,除非有相反的说明,否则在上述说明书和所附权利要求中列出的数值参数均为近似值,这些近似值可根据本领域的技术人员利用本文所公开的教导内容来寻求获得的期望性能而变化。由端点表述的数值范围的使用包括该范围内的所有数字(例如,1至5包括1、1.5、2、2.75、3、3.80、4和5)以及该范围内的任何范围。

[0154] 上述实施方案的各种变型和更改对于本领域中的技术人员都是显而易见的,并且应当理解,本公开不局限于本文所阐述的例示性实施例。除非另外指明,否则读者应该假设一个公开的实施方案的特征也可应用于所有其它公开的实施方案。应该理解,所有本文引用的美国专利、专利申请、专利申请公开及其他专利和非专利文档都以其不与上述公开抵触的程度通过引用的方式并入。

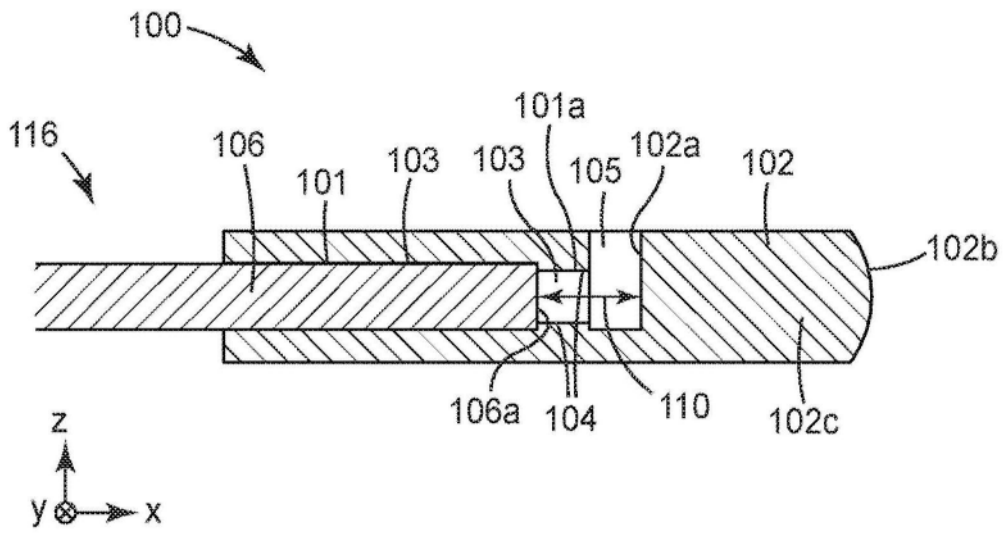


图1A

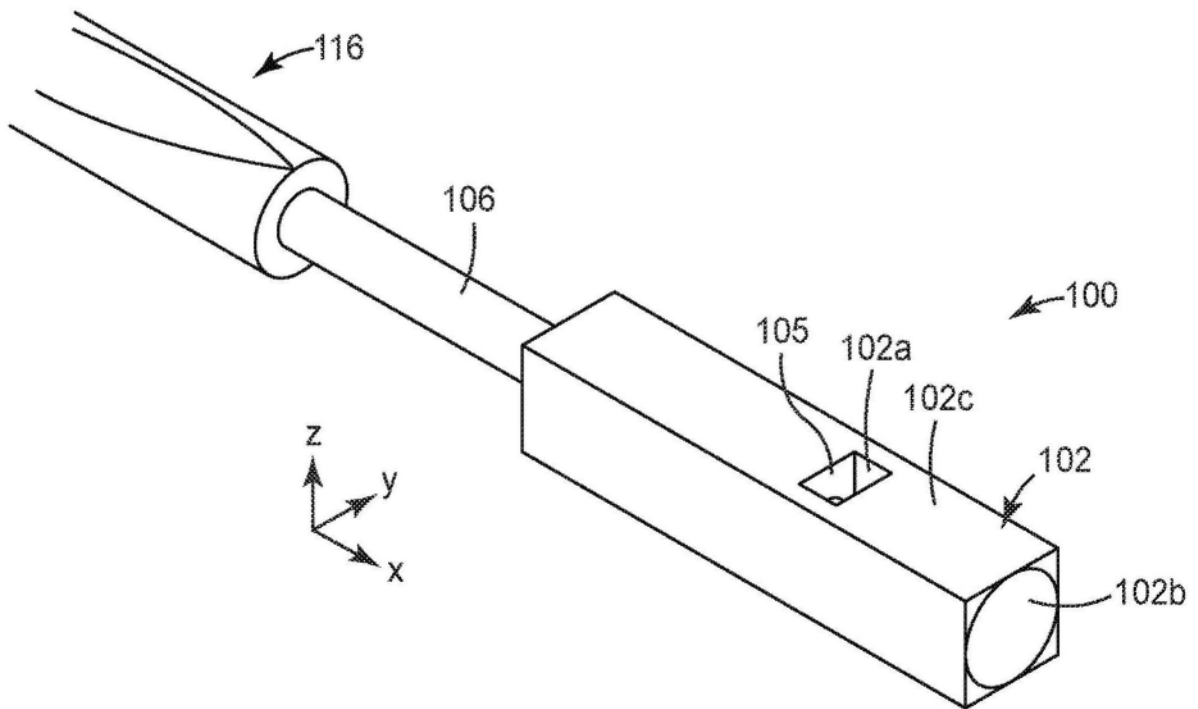


图1B

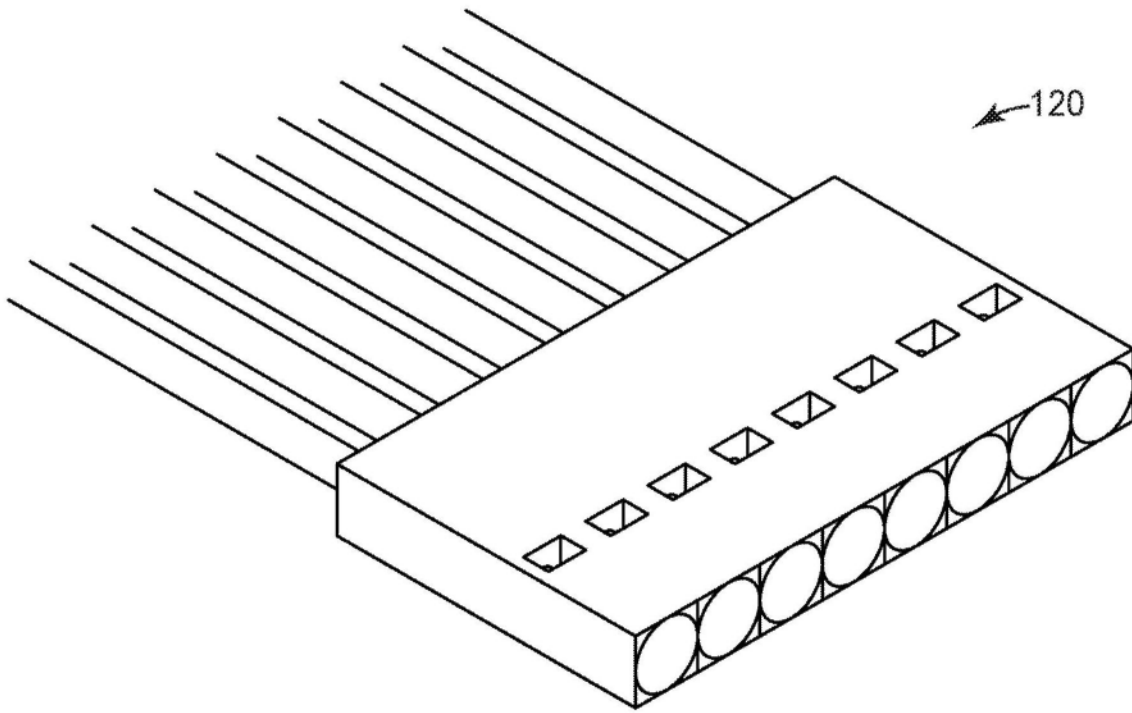


图1C

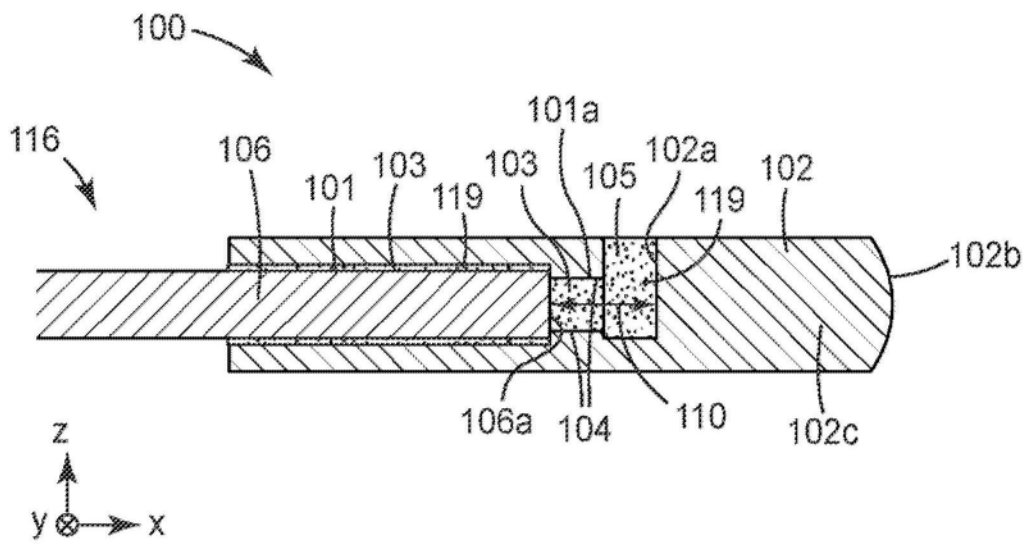


图1D

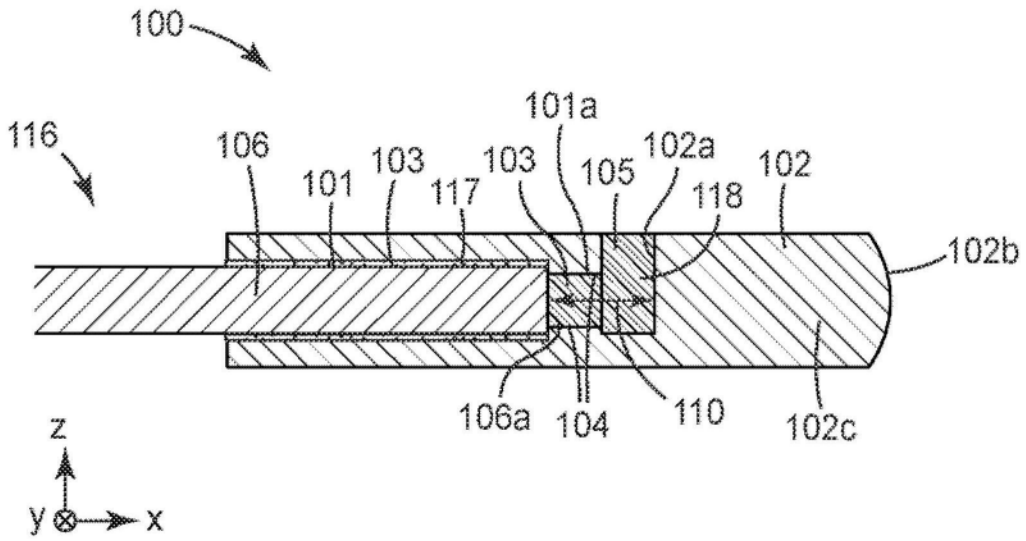


图1E

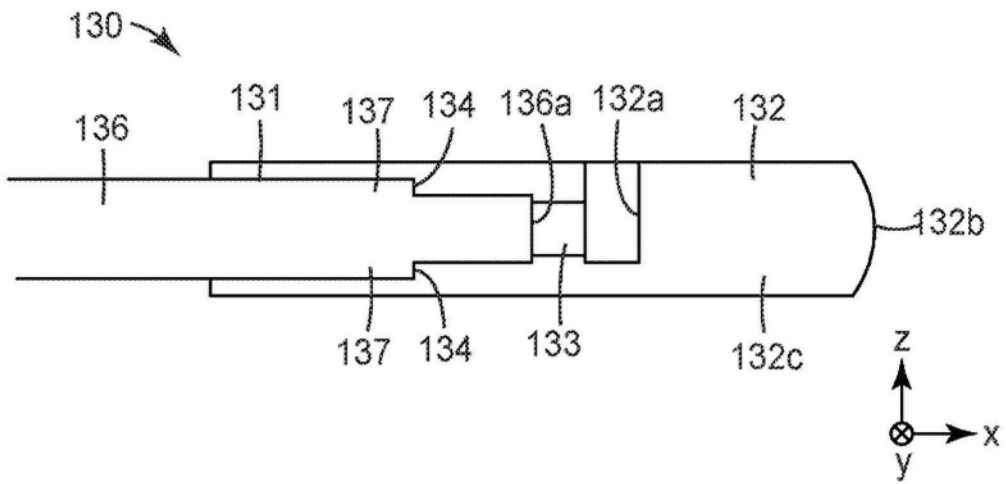


图1F

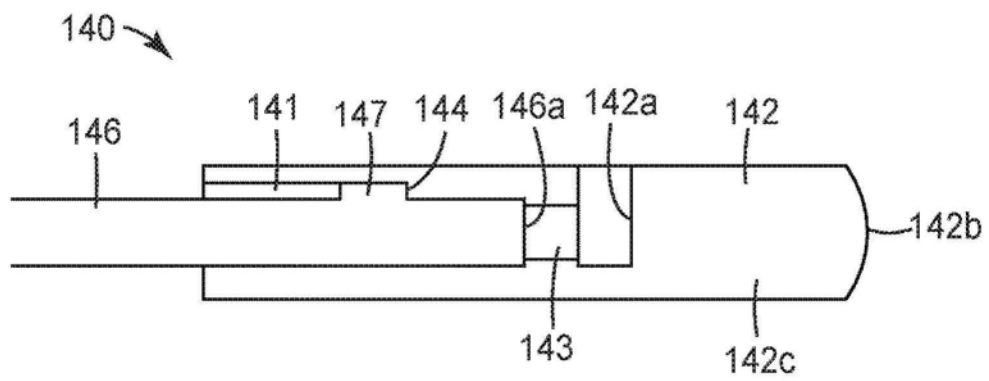


图1G

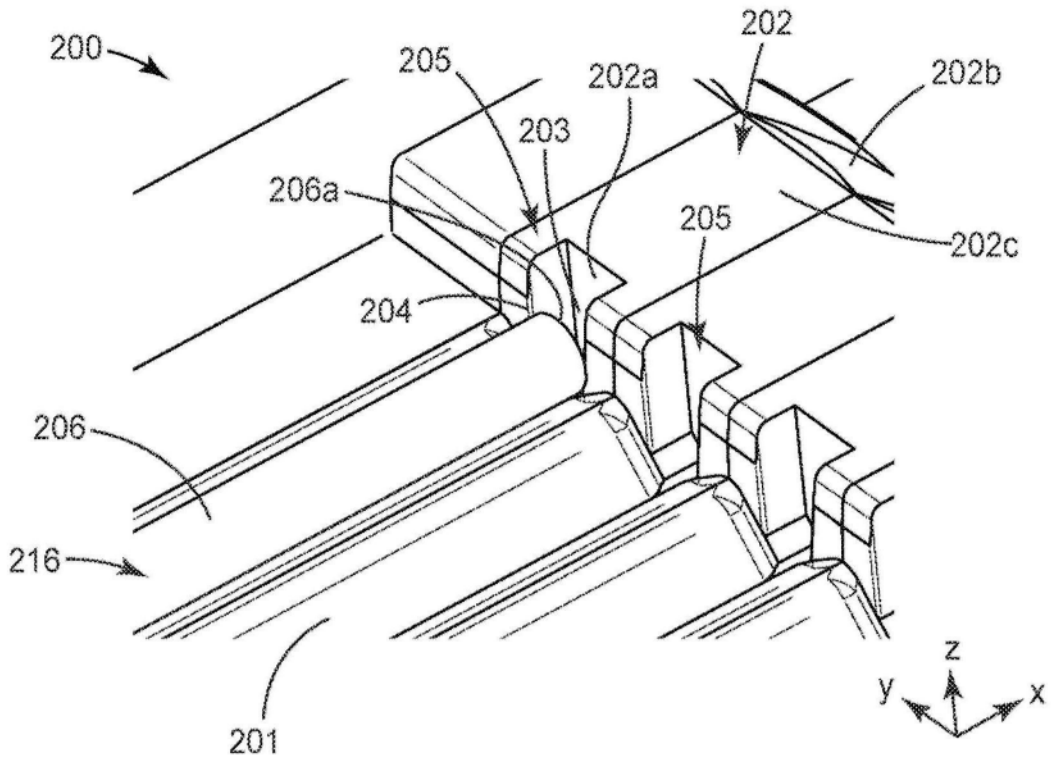


图2A

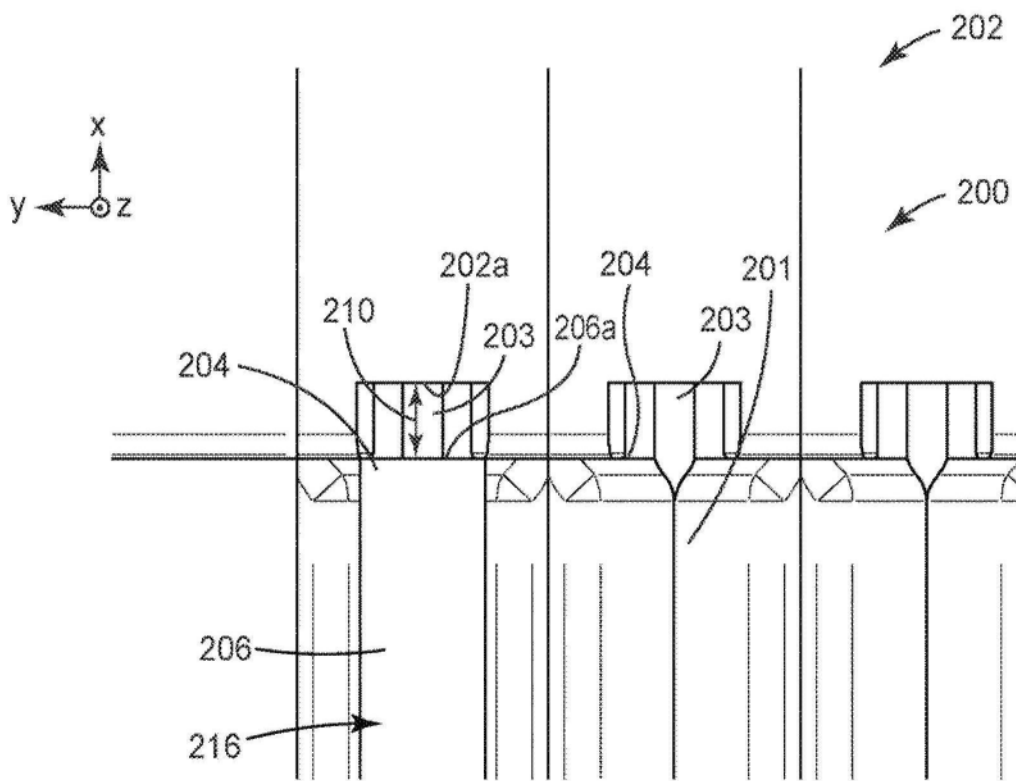


图2B

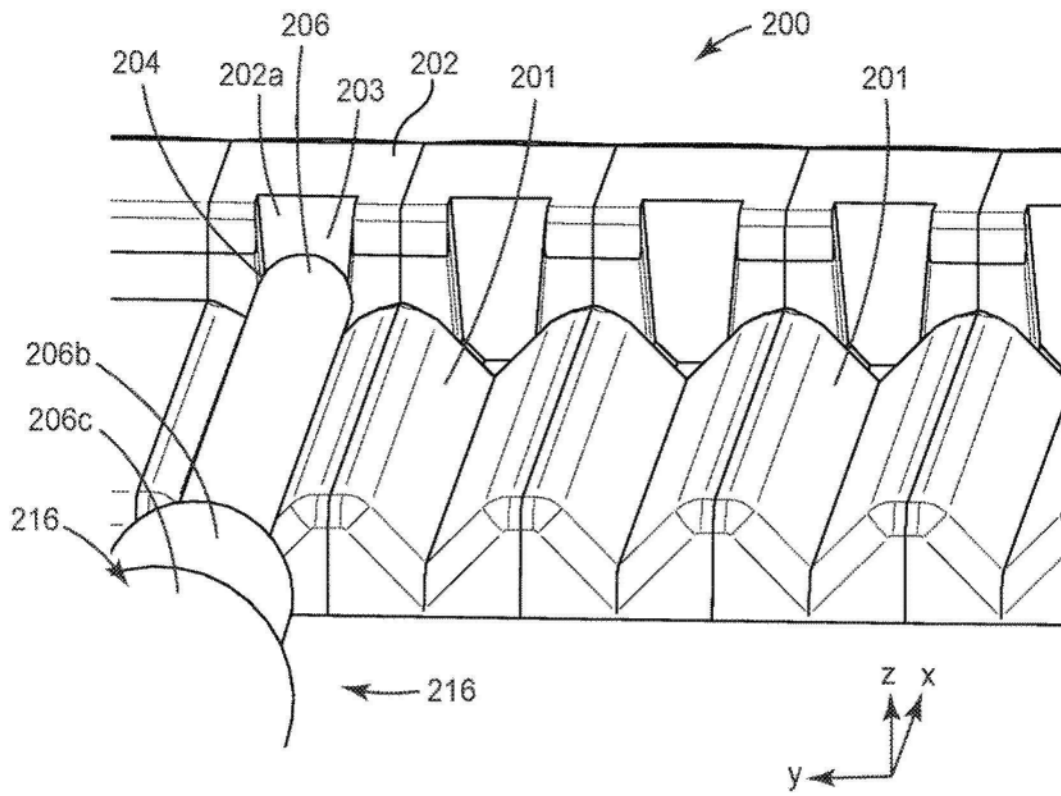


图2C

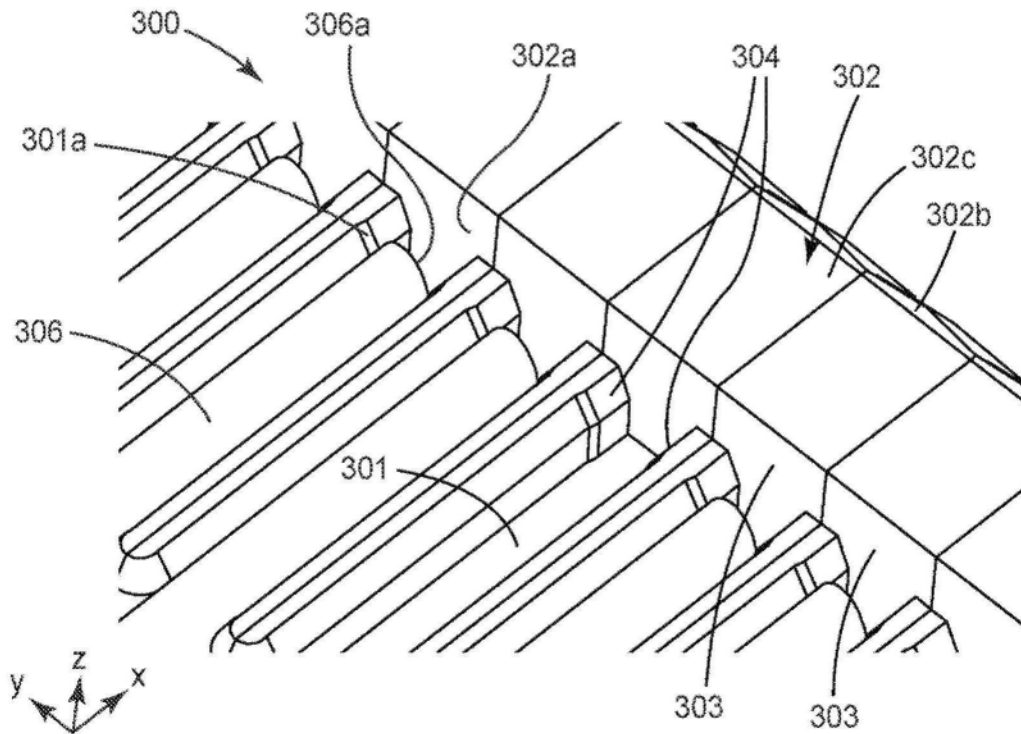


图3A

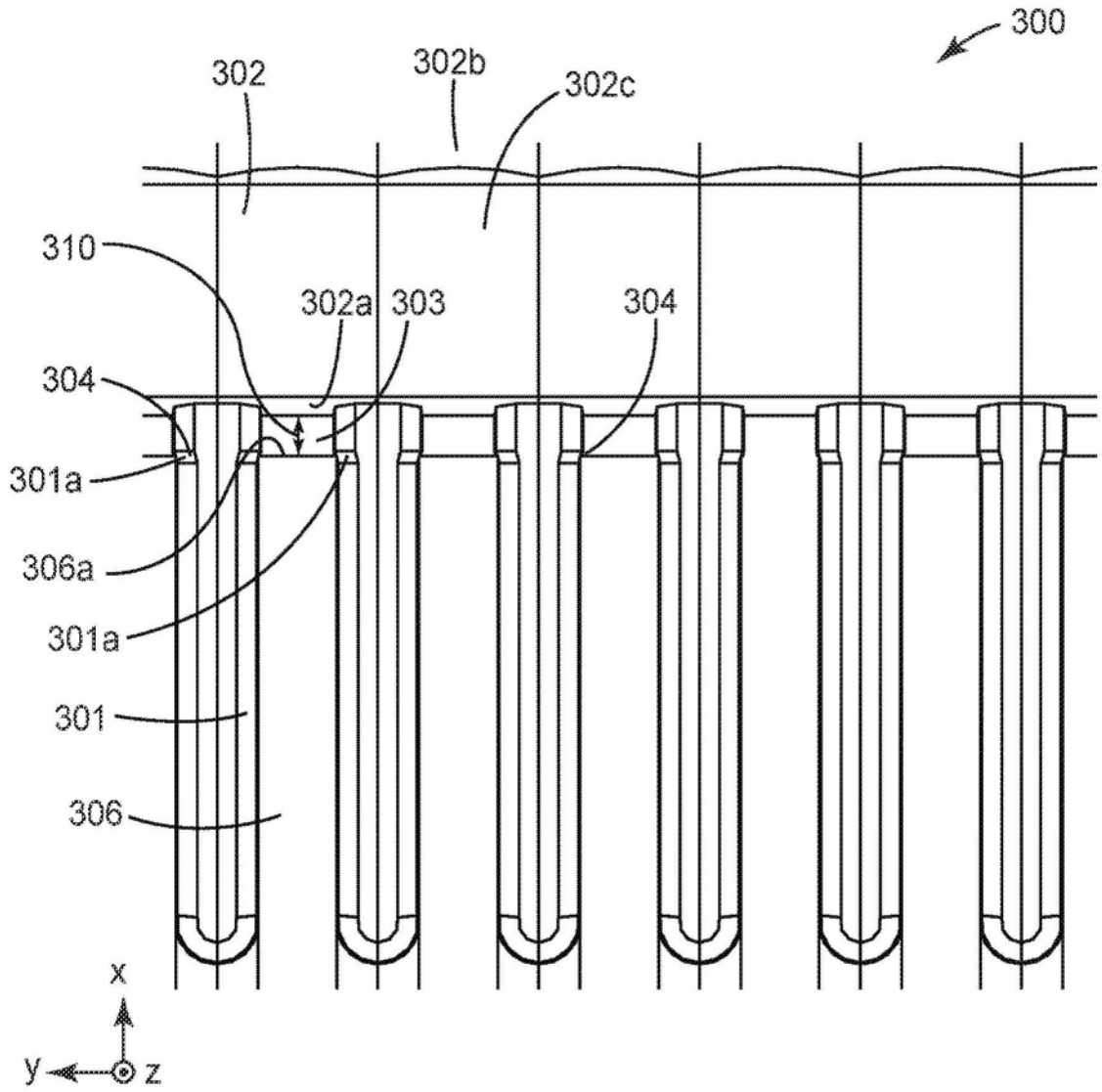


图3B

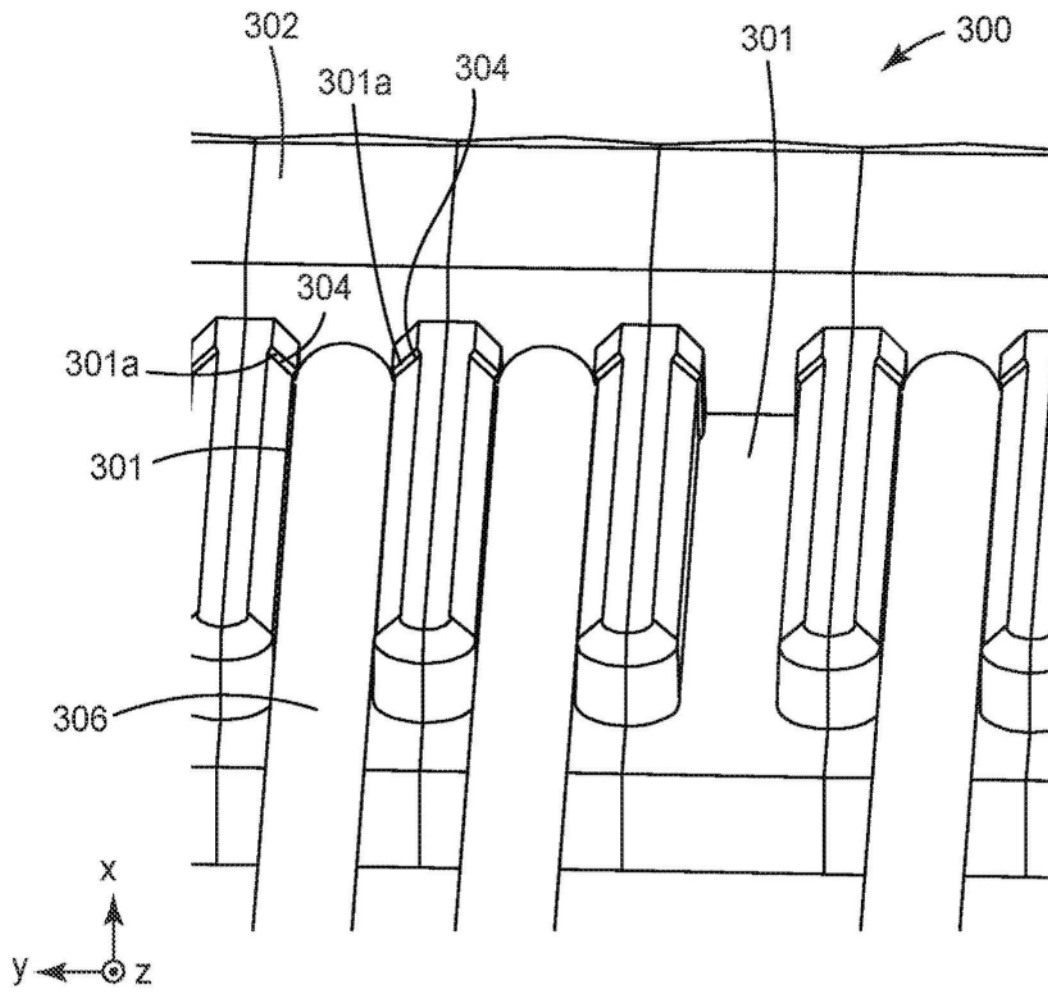


图3C

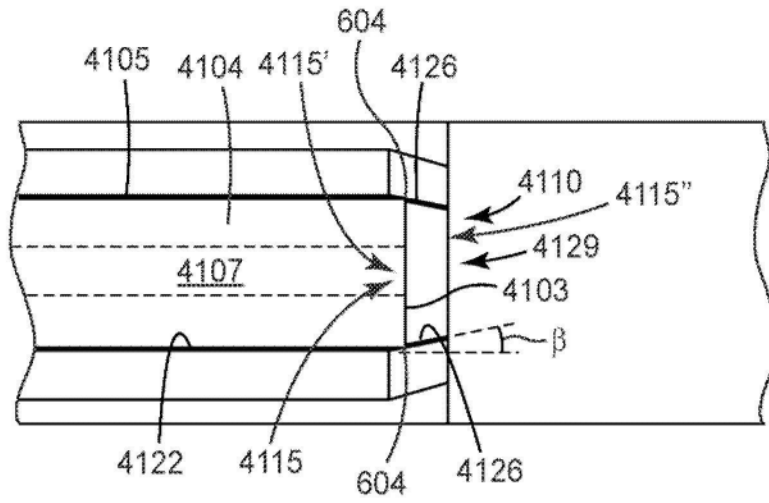


图6

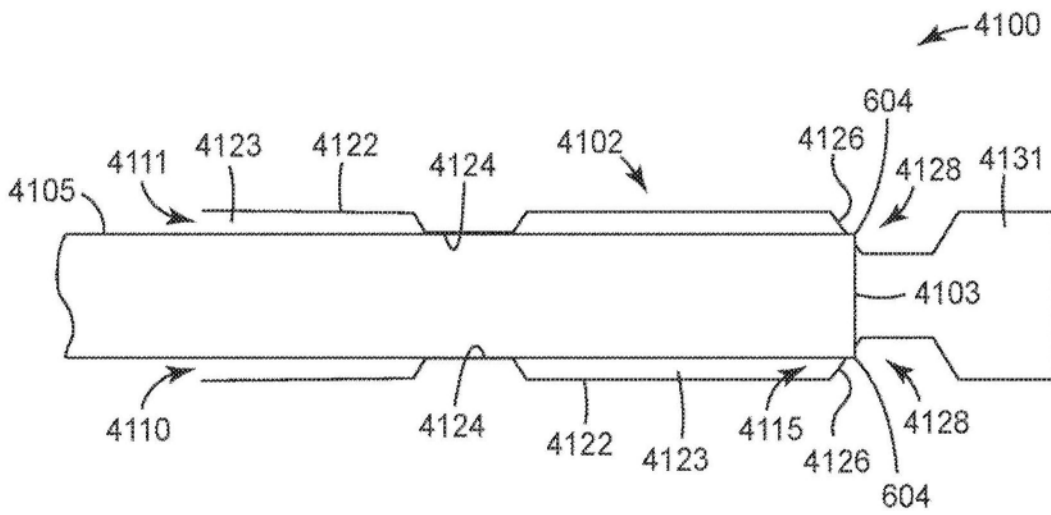


图7

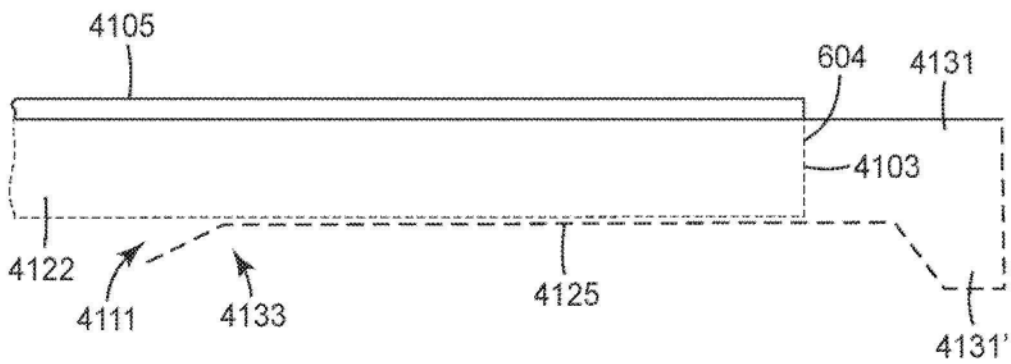


图8

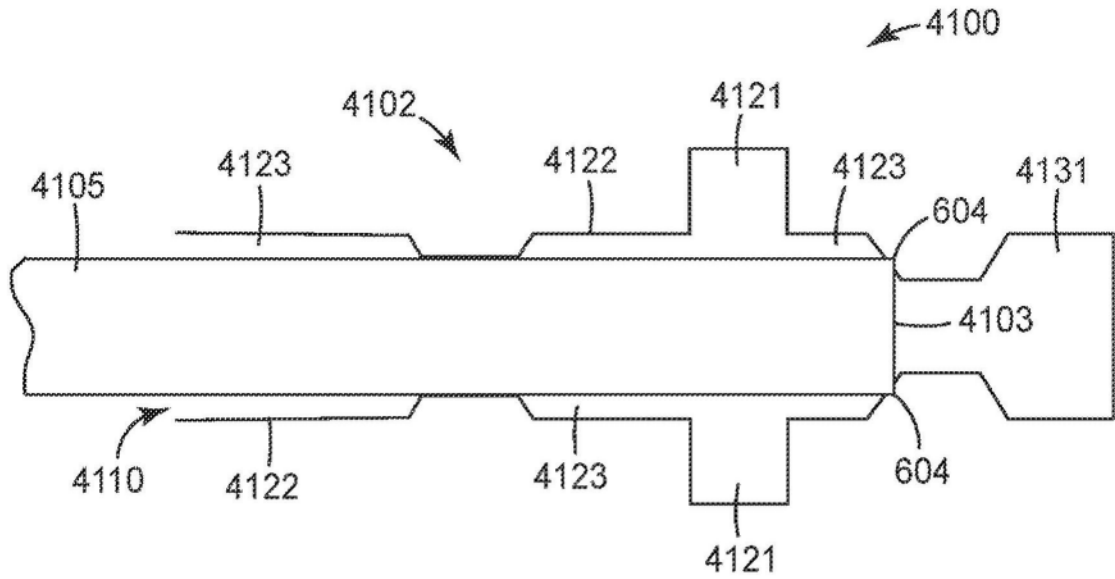


图9

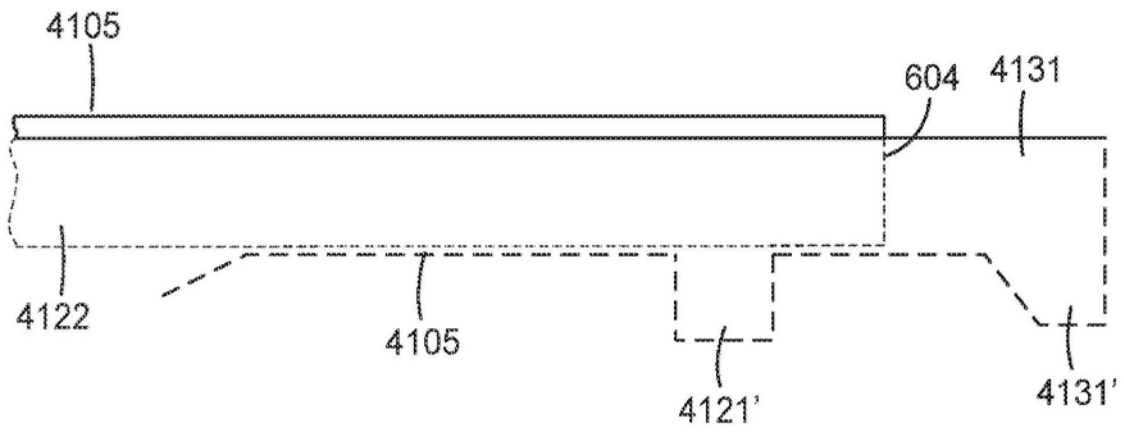


图10

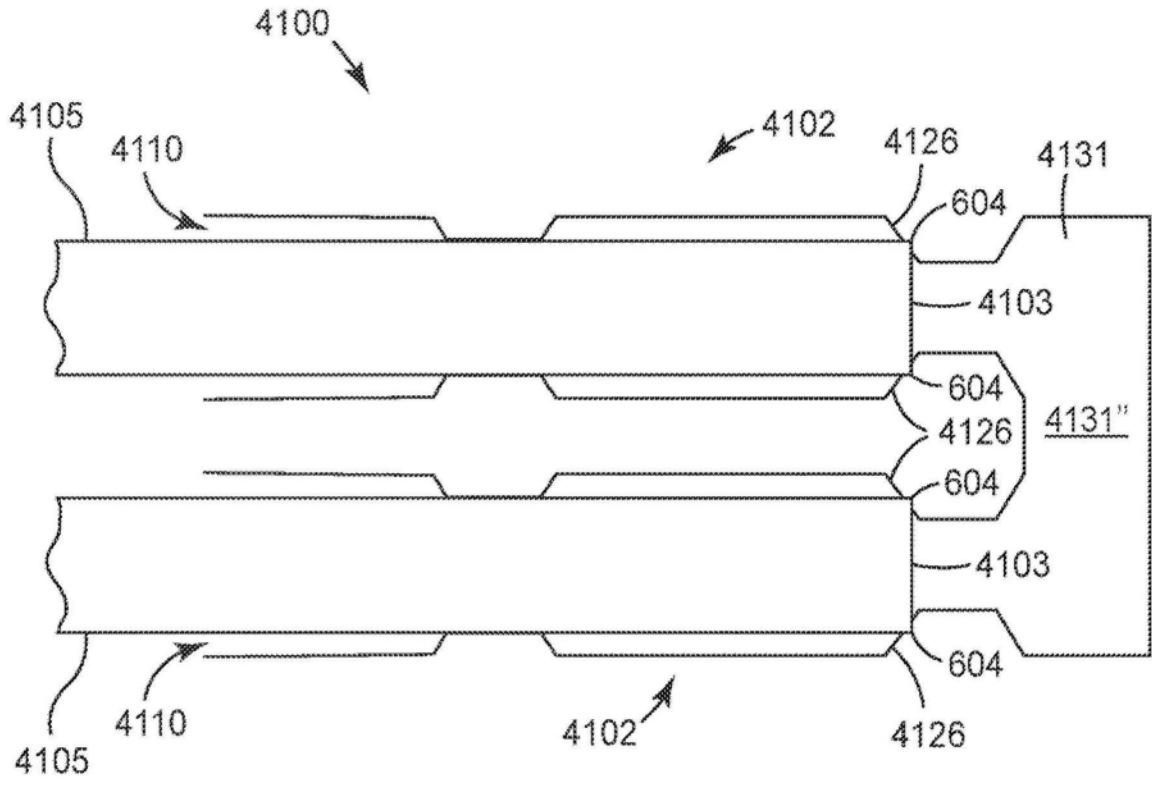


图11

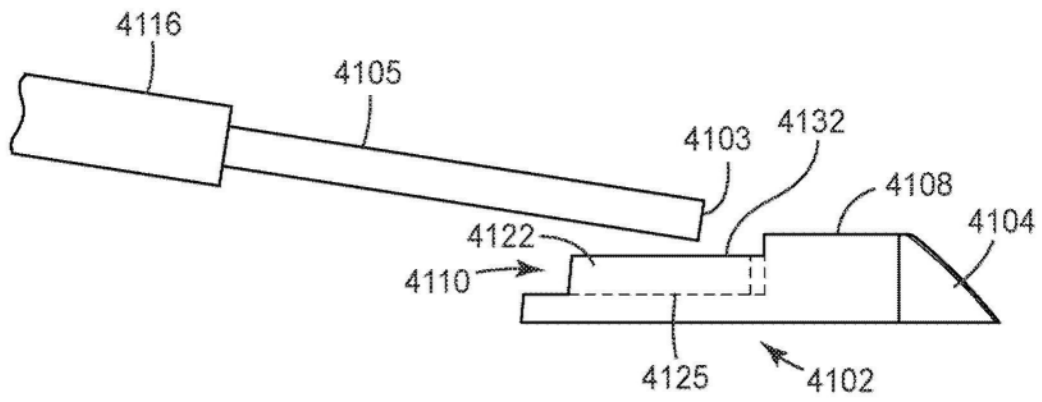


图12

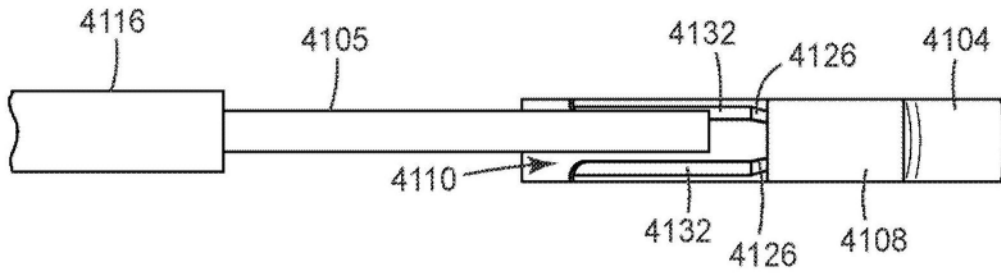


图13

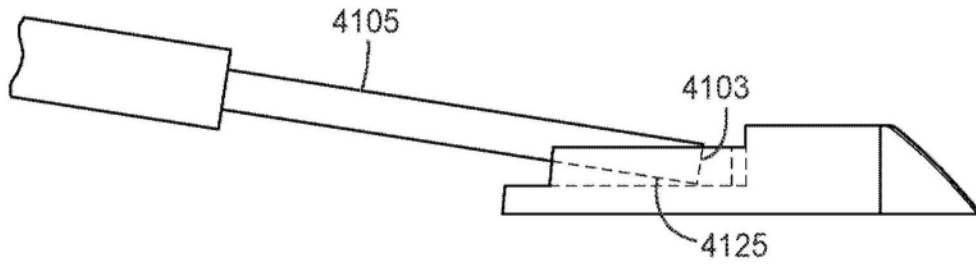


图14

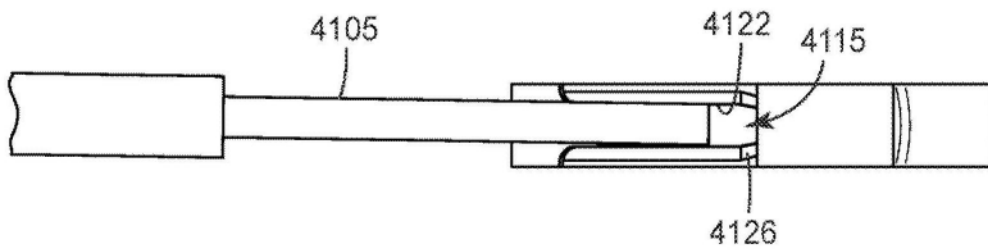


图15

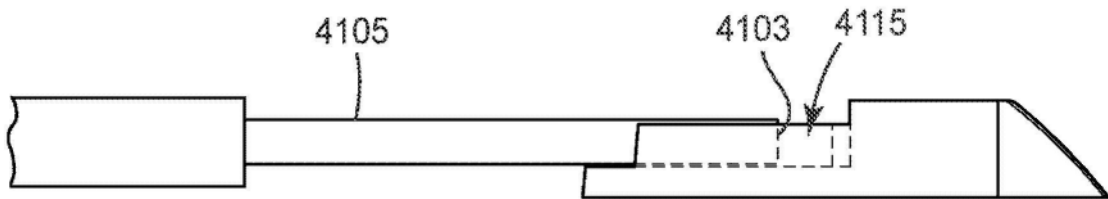


图16

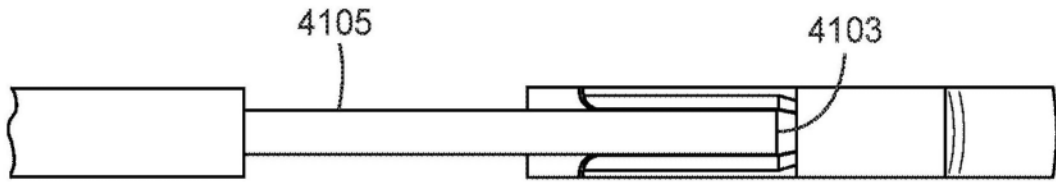


图17

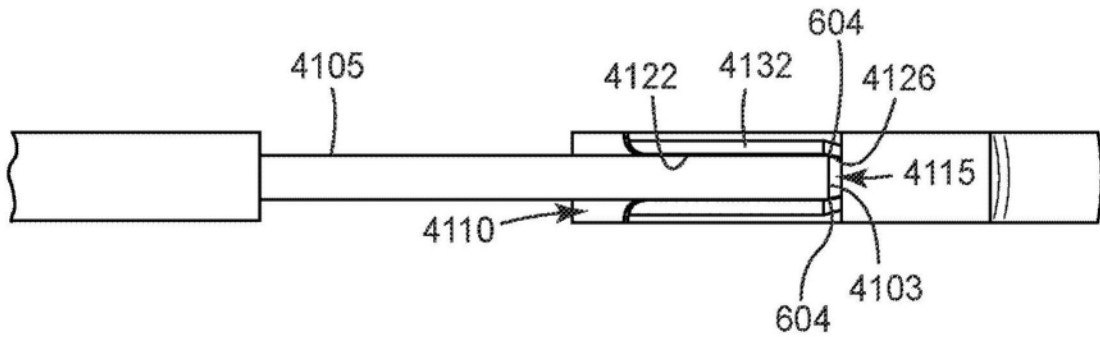


图18

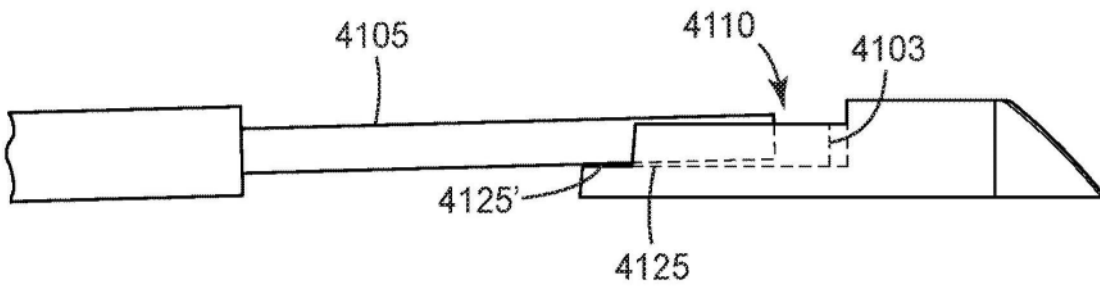


图19

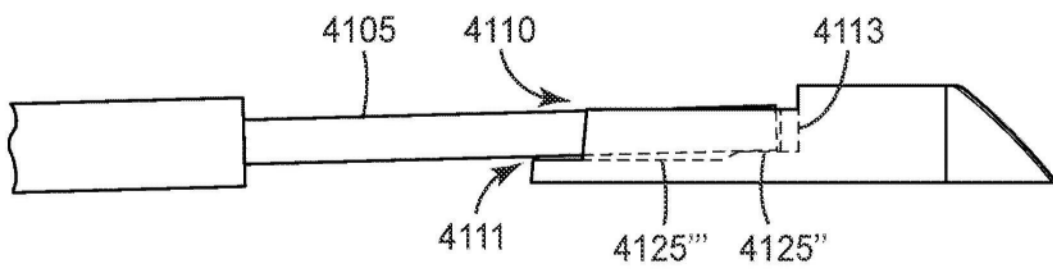


图20

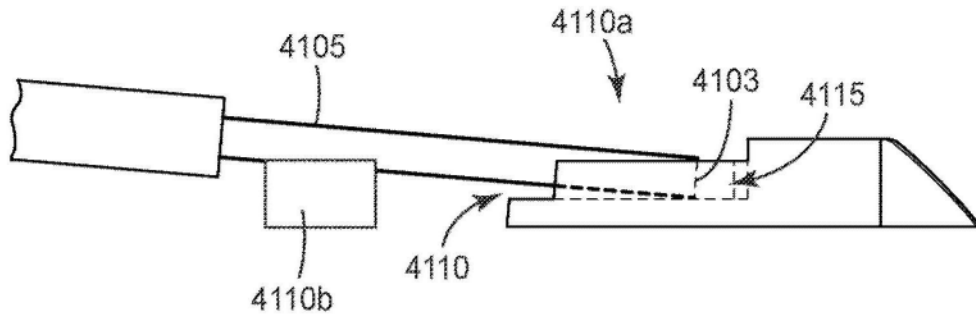


图21

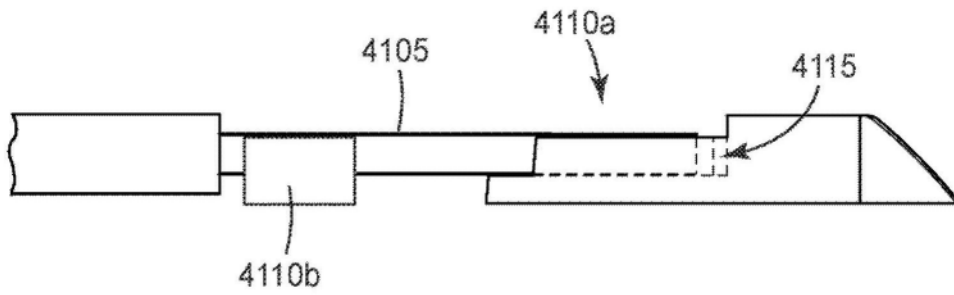


图22

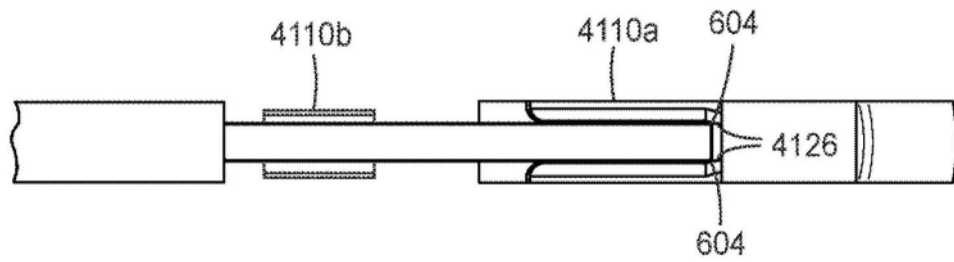


图23

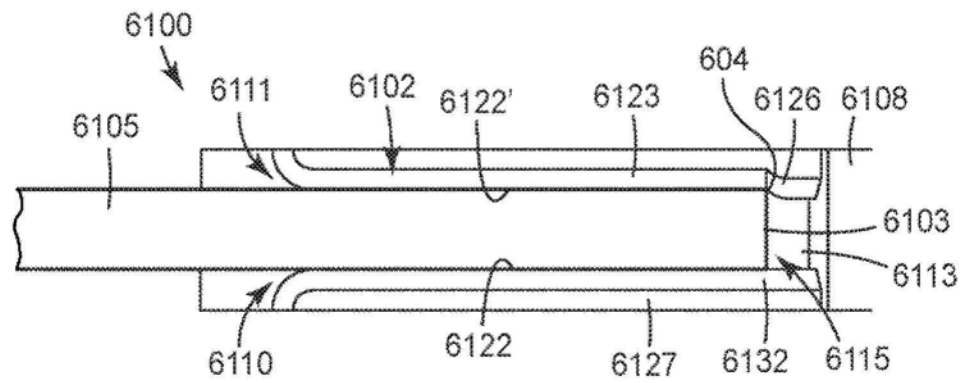


图24