(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 113853540 A
(43)申请公布日 2021.12.28

(21)申请号 202080037855.5

(22)申请日 2020.05.19

(30)优先权数据
62/852,637 2019.05.24 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2021.11.22

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/IB2020/054739 2020.05.19

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2020/240346 EN 2020.12.03

(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

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021
代理人 周晨

(51)Int.Cl.
G02B 6/26(2006.01)

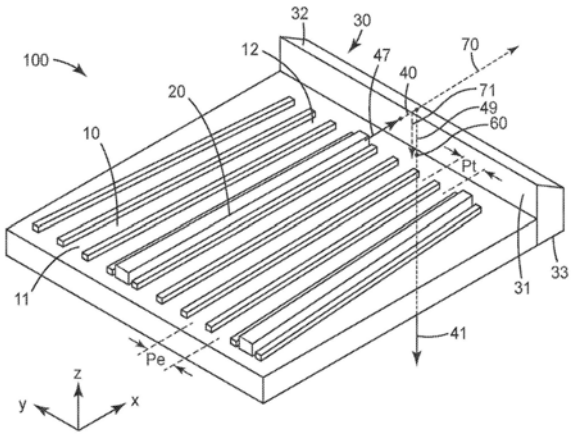
权利要求书4页 说明书12页 附图17页

(54)发明名称

光耦合元件

(57)摘要

本发明描述了一种光耦合元件，该光耦合元件包括多个波导附接特征结构和光重定向构件。每个附接特征结构具有与末端相对的入口端。该入口端以节距Pe布置。光重定向构件被设置成更靠近末端而更远离入口端，并且包括输入表面、反射侧面和出射表面。当波导附接在每个附接特征结构处时，由每个波导发射的中心光线通过输入表面进入光重定向构件，由反射侧面重定向并且在出射表面处离开光重定向构件，中心光线在出射点处与出射表面相交，每个附接特征结构对应于出射表面处的不同出射点。出射点以不等于Pe的节距Px布置。



CN 113853540 A

1.一种光耦合元件,包括:

多个波导附接特征结构,所述多个波导附接特征结构用于接收多个光学波导并且永久性地附接到所述多个光学波导,每个波导附接特征结构包括与末端相反的入口端,所述附接特征结构的所述入口端以节距Pe布置;以及

光重定向构件,所述光重定向构件被设置成更靠近所述附接特征结构的所述末端而更远离所述入口端,并且所述光重定向构件包括输入表面、反射侧面和出射表面,使得当光学波导被接收并且永久性地被附接在每个附接特征结构处时,由每个光学波导发射的中心光线作为输入中心光线通过所述输入表面进入所述光重定向构件,由所述反射侧面重定向成重定向的中心光线,并且在所述出射表面处作为输出中心光线离开所述光重定向构件,所述输出中心光线在出射点处与所述出射表面相交,每个附接特征结构对应于所述出射表面处的不同的出射点,对应于所述附接特征结构的所述出射点以不等于Pe的节距Px布置。

2.根据权利要求1所述的光耦合元件,其中所述多个波导附接特征结构包括用于接收和对准相应的第一光学波导和第二光学波导的第一沟槽和第二沟槽,所述反射侧面包括对应于相应的第一沟槽和第二沟槽的第一光重定向表面和第二光重定向表面,使得当第一光学波导和第二光学波导被接收并且被对准在相应的第一沟槽和第二沟槽中并且发射相应的第一输入中心光线和第二输入中心光线时,所述第一光重定向表面和所述第二光重定向表面接收所述输入中心光线并且将所述输入中心光线反射成相应的第一重定向的中心光线和第二重定向的中心光线,使得所述重定向的中心光线作为相应的第一输出中心光线和第二输出中心光线离开所述光耦合元件,其中:

所述第一输入中心光线和所述第二输入中心光线在其间限定大于约2度的角度α1;

所述第一输入中心光线和所述重定向的中心光线在其间限定大于约30度的角度β1;

所述第二输入中心光线和所述重定向的中心光线在其间限定大于约30度的角度β2;并且

所述第一输出中心光线和所述第二输出中心光线在其间限定小于约1度的角度α2。

3.根据权利要求1所述的光耦合元件,其中所述多个波导附接特征结构包括用于接收和对准相应的第一光学波导和第二光学波导的第一沟槽和第二沟槽,所述反射侧面包括对应于相应的第一沟槽和第二沟槽的第一光重定向表面和第二光重定向表面,使得当第一光学波导和第二光学波导被接收并且被对准在相应的所述第一沟槽和第二沟槽中并且发射相应的第一输入中心光线和第二输入中心光线时,所述第一光重定向表面和所述第二光重定向表面接收所述输入中心光线并且将所述输入中心光线反射成相应的第一重定向的中心光线和第二重定向的中心光线,使得所述重定向的中心光线作为相应的第一输出中心光线和第二输出中心光线离开所述光耦合元件,其中:

所述第一输入中心光线和所述第二输入中心光线在其间限定小于约1度的角度α1;

所述第一输入中心光线和所述重定向的中心光线在其间限定大于约30度的角度β1;

所述第二输入中心光线和所述重定向的中心光线在其间限定大于约30度的角度β2;并且

所述第一输出中心光线和所述第二输出中心光线在其间限定大于约2度的角度α2。

4.根据权利要求1所述的光耦合元件,其中所述多个波导附接特征结构包括第一沟槽和第二沟槽,所述反射侧面包括第一弯曲表面部分和第二弯曲表面部分,所述第一弯曲表

面部分和所述第二弯曲表面部分从基本上平坦的表面突出并且被构造成改变从由所述第一沟槽和所述第二沟槽支撑的相应的第一光学波导和第二光学波导接收的光的方向，所述第一弯曲表面部分和所述第二弯曲表面部分在基本上卵形的相应的第一边界和第二边界处与所述基本上平坦的表面相交，每个边界包括与较长长轴正交的较短短轴，所述第一边界的所述较长长轴和所述第二边界的所述较长长轴在其间限定大于约2度的角度δ。

5.根据权利要求1至4中任一项所述的光耦合元件，其中对于每个光学波导和对应的附接特征结构，由所述光学波导发射的所述中心光线由所述反射侧面从所述输入表面沿着入射方向接收，所述反射侧面将所接收的光的方向改变为不同的重定向方向，所述入射方向和所述重定向方向限定对应于所述附接特征结构的传播平面，其中对应于至少两个不同的附接特征结构的所述传播平面在其间限定大于约2度的角度θ。

6.根据权利要求1至5中任一项所述的光耦合元件，其中所述反射侧面包括多个光重定向表面，每个光重定向表面具有旋转轴线并且被构造成接收由被接收并且被对准在对应的波导附接特征结构中的光学波导沿着入射方向发射的输入中心光线，所述入射方向和所述旋转轴线限定对应于所述光重定向表面的入射平面，对应于至少两个不同的光重定向表面的所述入射平面在其间限定大于约2度的角度ω。

7.根据权利要求1至6中任一项所述的光耦合元件，其中所述反射侧面包括多个光重定向表面，每个光重定向表面被构造成接收由被接收并且被对准在对应的波导附接特征结构中的光学波导沿着在入射位置处与所述光重定向表面相交的入射方向发射的输入中心光线，所述光重定向表面在所述入射位置处限定第一主方向，所述第一主方向对应于所述光重定向表面具有最小曲率所沿的方向，所述入射方向和所述第一主方向限定第一平面，对应于至少两个不同的光重定向表面的所述第一平面在其间限定大于约2度的角度Ω。

8.一种光耦合元件，包括：

多个沟槽，所述多个沟槽大致沿着第一方向延伸并且沿着正交的第二方向布置以用于接收和对准多个光学波导；以及

光重定向构件，所述光重定向构件包括：

输入侧，所述输入侧用于从被接收并且被对准在所述多个沟槽中的沟槽中的光学波导接收光；以及

光重定向表面，被接收并且被对准在沟槽中的光学波导发射输入中心光线，由所述光重定向表面从所述输入侧沿着入射方向接收所述输入中心光线，所述光重定向表面将所接收的光的方向改变为不同的重定向方向，所述入射方向和所述重定向方向限定对应于所述沟槽的传播平面，其中对应于至少两个不同沟槽的所述传播平面在其间限定大于约2度的角度θ。

9.根据权利要求8所述的光耦合元件，其中对应于所述至少两个不同沟槽的所述传播平面在基本上平行于所述第一方向的相交轴线处彼此相交。

10.根据权利要求8所述的光耦合元件，其中对应于所述至少两个不同沟槽的所述传播平面在基本上垂直于所述第一方向和所述第二方向的相交轴线处彼此相交。

11.一种光耦合元件，包括：

基本上共面的第一沟槽和第二沟槽，所述第一沟槽和所述第二沟槽用于接收和对准相应的第一光学波导和第二光学波导；以及

第一光重定向表面和第二光重定向表面,所述第一光重定向表面和所述第二光重定向表面对应于相应的第一沟槽和第二沟槽,使得当第一光学波导和第二光学波导被接收并且被对准在相应的第一沟槽和第二沟槽中并且发射相应的第一输入中心光线和第二输入中心光线时,所述第一光重定向表面和所述第二光重定向表面接收所述输入中心光线并且将所述输入中心光线反射成相应的第一重定向的中心光线和第二重定向的中心光线,使得所述重定向的中心光线作为相应的第一输出中心光线和第二输出中心光线离开所述光耦合元件,其中:

所述第一输入中心光线和所述第二输入中心光线在其间限定大于约2度的角度α1;

所述第一输入中心光线和所述重定向的中心光线在其间限定大于约30度的角度β1;

所述第二输入中心光线和所述重定向的中心光线在其间限定大于约30度的角度β2;并且

所述第一输出中心光线和所述第二输出中心光线在其间限定小于约1度的角度α2。

12.一种光耦合元件,包括:

基本上共面的第一沟槽和第二沟槽,所述第一沟槽和所述第二沟槽用于接收和对准相应的第一光学波导和第二光学波导;以及

第一光重定向表面和第二光重定向表面,所述第一光重定向表面和所述第二光重定向表面对应于相应的第一沟槽和第二沟槽,使得当第一光学波导和第二光学波导被接收并且被对准在相应的第一沟槽和第二沟槽中并且发射相应的第一输入中心光线和第二输入中心光线时,所述第一光重定向表面和所述第二光重定向表面接收所述输入中心光线并且将所述输入中心光线反射成相应的第一重定向的中心光线和第二重定向的中心光线,使得所述重定向的中心光线作为相应的第一输出中心光线和第二输出中心光线离开所述光耦合元件,其中:

所述第一输入中心光线和所述第二输入中心光线在其间限定小于约1度的角度α1;

所述第一输入中心光线和所述重定向的中心光线在其间限定大于约30度的角度β1;

所述第二输入中心光线和所述重定向的中心光线在其间限定大于约30度的角度β2;并且

所述第一输出中心光线和所述第二输出中心光线在其间限定大于约2度的角度α2。

13.一种光耦合元件,包括:

第一光纤支撑件和第二光纤支撑件;以及

第一弯曲表面部分和第二弯曲表面部分,所述第一弯曲表面部分和所述第二弯曲表面部分从基本上平坦的表面突出,并且被构造成改变从由所述第一光纤支撑件和所述第二光纤支撑件支撑的光纤接收的光的方向,所述第一弯曲表面部分和所述第二弯曲表面部分在基本上卵形的相应的第一边界和第二边界处与所述基本上平坦的表面相交,每个边界包括与较长长轴正交的较短短轴,所述第一边界的所述较长长轴和所述第二边界的所述较长长轴在其间限定大于约2度的角度δ。

14.一种光耦合元件,包括:

多个光学波导支撑件,所述多个光学波导支撑件大致沿着第一方向延伸并且沿着正交的第二方向布置以用于接收和对准多个光学波导;和

多个光重定向表面,每个光重定向表面具有旋转轴线并且被构造成接收由被接收并且

被对准在对应的光学波导支撑件中的光学波导沿着入射方向发射的输入中心光线，所述入射方向和所述旋转轴线限定对应于所述光重定向表面的入射平面，对应于至少两个不同的光重定向表面的所述入射平面在其间限定大于约2度的角度ω。

15.一种光耦合元件，包括：

多个光学波导支撑件，所述多个光学波导支撑件大致沿着第一方向延伸并且沿着正交的第二方向布置以用于接收和对准多个光学波导；和

多个光重定向表面，每个光重定向表面被构造成接收由被接收并且被对准在对应的光学波导支撑件中的光学波导沿着在入射位置处与所述光重定向表面相交的入射方向发射的输入中心光线，所述光重定向表面在所述入射位置处限定第一主方向，所述第一主方向对应于所述光重定向表面具有最小曲率所沿的方向，所述入射方向和所述第一主方向限定第一平面，对应于至少两个不同的光重定向表面的所述第一平面在其间限定大于约2度的角度Ω。

光耦合元件

背景技术

[0001] 光学连接器可用于多种应用程序的光学通信,包括:电信网络、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

[0002] 在本说明书的一些方面,提供了光耦合元件,该光耦合元件包括光重定向构件和用于接收并且永久性地附接到多个光学波导的多个波导附接特征结构。每个波导附接特征结构包括与末端相对的入口端。附接特征结构的入口端以节距Pe布置。光重定向构件被设置成更靠近附接特征结构的末端而更远离入口端,并且包括输入表面、反射侧面和出射表面,使得当光学波导被接收并且永久性地附接在每个附接特征结构处时,由每个光学波导发射的中心光线作为输入中心光线通过输入表面进入光重定向构件,由反射侧面重定向成重定向的中心光线,并且在出射表面处作为输出中心光线离开光重定向构件。输出中心光线在出射点处与出射表面相交。每个附接特征结构对应于出射表面处的不同出射点。对应于附接特征结构的出射点以不等于Pe的节距Px布置。在一些实施方案中,Px>Pe。在一些实施方案中,Px<Pe。在一些实施方案中,附接特征结构的末端以基本上等于Pe的节距Pt布置。在一些实施方案中,附接特征结构的末端以基本上等于Px的节距Pt布置。在一些实施方案中,附接特征结构的末端以节距Pt布置,其中Pe>Pt>Px。

[0003] 在本说明书的一些方面,提供了光耦合元件,该光耦合元件包括光重定向构件和多个沟槽,所述多个沟槽通常沿着第一方向延伸并且沿着正交的第二方向布置以用于接收和对准多个光学波导。光重定向构件包括:输入侧,该输入侧用于从接收并且对准在多个沟槽中的沟槽中的光学波导接收光;以及光重定向表面。光学波导被接收并且对准在沟槽中并且发射输入中心光线,该输入中心光线由光重定向表面从输入侧沿着入射方向接收,该光重定向表面将所接收的光的方向改变为不同的重定向方向,入射和重定向方向限定对应于沟槽的传播平面。对应于至少两个不同沟槽的传播平面在其间限定大于约2度的角度θ。

[0004] 在本说明书的一些方面中,提供了光耦合元件,该光耦合元件包括用于接收和对准相应的第一光学波导和第二光学波导的基本上共面的第一沟槽和第二沟槽,以及对应于相应的第一沟槽和第二沟槽的第一光重定向表面和第二光重定向表面。当第一光学波导和第二光学波导被接收并且对准在相应的第一沟槽和第二沟槽中并且发射相应的第一输入中心光线和第二输入中心光线时,第一光重定向表面和第二光重定向表面接收输入中心光线并且将其反射成相应的第一重定向的中心光线和第二重定向的中心光线,使得重定向的中心光线作为相应的第一输出中心光线和第二输出中心光线离开光耦合元件。第一输入中心光线和第二输入中心光线在其间限定大于约2度的角度α1。所述第一输入中心光线和所述重定向的中心光线在其间限定大于约30度的角度β1;所述第二输入中心光线和所述重定向的中心光线在其间限定大于约30度的角度β2;第一输出中心光线和第二输出中心光线在其间限定小于约1度的角度α2。

[0005] 在本说明书的一些方面中,提供了光耦合元件,该光耦合元件包括用于接收和对

准相应的第一光学波导和第二光学波导的基本上共面的第一沟槽和第二沟槽，以及对应于相应的第一沟槽和第二沟槽的第一光重定向表面和第二光重定向表面。当第一光学波导和第二光学波导被接收并且对准在相应的第一沟槽和第二沟槽中并且发射相应的第一输入中心光线和第二输入中心光线时，第一光重定向表面和第二光重定向表面接收输入中心光线并且将其反射成相应的第一重定向的中心光线和第二重定向的中心光线，使得重定向的中心光线作为相应的第一输出中心光线和第二输出中心光线离开光耦合元件。第一输入中心光线和第二输入中心光线在其间限定小于约1度的角度α1。所述第一输入中心光线和所述重定向的中心光线在其间限定大于约30度的角度β1；所述第二输入中心光线和所述重定向的中心光线在其间限定大于约30度的角度β2；第一输出中心光线和第二输出中心光线在其间限定大于约2度的角度α2。

[0006] 在本说明书的一些方面，提供了光耦合元件，该光耦合元件包括第一光纤支撑件和第二光纤支撑件，以及从基本上平坦的表面突出并且被构造成改变从由第一光纤支撑件和第二光纤支撑件支撑的光纤接收的光的方向的第一弯曲表面部分和第二弯曲表面部分。第一弯曲表面部分和第二弯曲表面部分在基本上卵形的相应的第一边界和第二边界处与基本上平坦的表面相交。每个边界包括与较长长轴正交的较短短轴。第一边界的较长长轴和第二边界的较长长轴在其间限定大于约2度的角度δ。在一些实施方案中，第一弯曲表面部分和第二弯曲表面部分中的每一者具有旋转轴线。在一些实施方案中，对于第一弯曲表面部分和第二弯曲表面部分以及对应的第一光纤支撑件和第二光纤支撑件中的每一者，弯曲表面部分被构造成接收由接收并且对准在光纤支撑件中的光纤沿着在入射位置处与弯曲表面部分相交的入射方向发射的输入中心光线，弯曲表面部分在入射位置处限定第一主方向，该第一主方向对应于弯曲表面部分包括最小曲率的方向，该第一主方向基本上平行于弯曲表面部分的边界的较长长轴。

[0007] 在本说明书的一些方面，提供了光耦合元件，该光耦合元件包括通常沿着第一方向延伸并且沿着正交的第二方向布置的多个光学波导支撑件以用于接收和对准多个光学波导，并且包括多个光重定向表面。每个光重定向表面具有旋转轴线并且被构造成接收由接收并且对准在对应的光学波导支撑件中的光学波导沿着入射方向发射的输入中心光线。入射方向和旋转轴线限定对应于光重定向表面的入射平面。对应于至少两个不同的光重定向表面的入射平面在其间限定大于约2度的角度ω。

[0008] 在本说明书的一些方面，提供了光耦合元件，该光耦合元件包括通常沿着第一方向延伸并且沿着正交的第二方向布置的多个光学波导支撑件以用于接收和对准多个光学波导，并且包括多个光重定向表面。每个光重定向表面被构造成接收由接收并且对准在对应的光学波导支撑件中的光学波导沿着在入射位置处与光重定向表面相交的入射方向发射的输入中心光线。光重定向表面在入射位置处限定第一主方向，该第一主方向对应于光重定向表面具有最小曲率的方向。入射方向和第一主方向限定第一平面。对应于至少两个不同的光重定向表面的第一平面在其间限定大于约2度的角度Ω。

附图说明

[0009] 图1A是光耦合元件的示意性透视图；

[0010] 图1B是图1A的光耦合元件的出射表面的示意性透视图；

[0011] 图1C是由入射方向和重定向方向限定的传播平面的示意图；

[0012] 图2A至图2C是支撑在光耦合元件的部分上的多个光学波导的示意性顶视图；

[0013] 图3A至图3C是示出出射点的布置的光耦合元件的示意性底视图；

[0014] 图4是光耦合元件的示意性顶视图；

[0015] 图5是光耦合元件的示意性端视图；

[0016] 图6A至图6B分别是光耦合元件的示意性顶视图和端视图；

[0017] 图6C是图6A至图6B的光耦合元件的交叉传播平面的示意图；

[0018] 图6D是传播平面中的光耦合元件的示意性剖视图；

[0019] 图7A至图7B分别是另一光耦合元件的示意性顶视图和端视图；

[0020] 图7C是图7A至图7B的光耦合元件的交叉传播平面的示意图；

[0021] 图8是光重定向构件的一部分的示意性侧视图；

[0022] 图9是光重定向表面的示意图；

[0023] 图10是光学组件的示意性端视图；

[0024] 图11A是具有旋转轴线的光重定向表面的示意性剖视图；

[0025] 图11B是包括图11A的光重定向表面的光耦合元件的示意性端视图；

[0026] 图12A是光重定向表面的示意性剖视图；并且

[0027] 图12B是包括图12A的光重定向表面的光耦合元件的示意性端视图。

具体实施方式

[0028] 在以下说明中参考附图，该附图形成本发明的一部分并且其中以举例说明的方式示出各种实施方案。附图未必按比例绘制。应当理解，在不脱离本说明书的范围或实质的情况下，可设想并进行其他实施方案。因此，以下具体实施方式不应被视为具有限制意义。

[0029] 在一些实施方案中，光耦合元件(诸如光学套管)适于将以第一节距布置的大致平行的光学波导阵列耦合至以不同的第二节距布置的光束阵列(例如，引导至光学元件诸如光源或光检测器的阵列)。例如，带缆和可从带缆接收光或将光传输到带缆的光学元件阵列两者通常使用约250微米的节距。然而，可能期望光耦合元件利用(例如，在沟槽的入口端处)具有大于约250微米(例如，约265微米)的节距的沟槽或其他波导对准或附接特征结构或支撑件来接收和对准来自带缆的光纤，因为这样可以提供提高的对准精度。由于利用较大的沟槽节距而提高的对准精度的原因可如下所述：为了附接到光耦合元件，带缆的光纤通常是分开的，并且围绕光纤的聚合物缓冲层通常从光纤的端部机械地剥离。在汽提过程中，缓冲器可变得形状不规整并且扩大超过标称245至250微米的直径。通过以较大节距(例如，约265微米)粘结沟槽中的光线，可以防止这些形状不规整的缓冲层与相邻光线的缓冲层接触，从而防止妨碍沟槽中的精确对准。已经发现的是，光耦合元件可以被构造成将具有第一节距(例如，当接收并且对准在沟槽中时为约265微米)的光纤有效地光学耦合至包括以不同的第二节距(例如，约250微米)布置的光学元件(例如，光源阵列或光检测器阵列)的光学部件。

[0030] 在一些实施方案中，可能期望光耦合元件利用例如节距小于基板上的光学元件的节距的沟槽。这可能是期望的，例如，用于将以小于常规节距布置的光纤耦合至具有以常规节距布置的光学元件的光学部件，或用于将以常规节距布置的光纤耦合至具有以大于常规

节距布置的光学元件的光学部件(例如,传统部件)。

[0031] 图1A是光耦合元件100的示意性透视图,并且图1B是光耦合元件100的出射表面33的示意性透视图。光耦合元件100包括用于接收并且在一些实施方案中永久性地附接到多个光学波导20的多个特征结构10。特征结构10可以为用于光学波导或光纤的支撑件,并且/或者特征结构10可以为波导对准特征结构和/或波导附接特征结构。例如,多个特征结构10可以是通常沿着第一方向(x方向)延伸并且沿着正交的第二方向(y方向)布置的多个沟槽,用于接收和对准多个光学波导20。当沟槽从入口端延伸到末端时,沟槽可朝向或远离彼此逐渐成角度,并且仍然被认为大致沿着第一方向延伸。例如,每个沟槽可以与相同的第一方向成不超过30度(或不超过20度、或不超过15度、或不超过10度)的角度。在一些实施方案中,沟槽为基本上共面的。例如,沟槽可大致设置在平行于x-y平面的平面上,并且沿着每个沟槽的长度的方向(例如,沿着接收在沟槽中并且由沟槽支撑的光纤的光轴)可与平面形成不超过30度(或不超过20度、或不超过15度、或不超过10度)的角度。

[0032] 每个特征结构10包括与末端12相对的入口端11。特征结构10的入口端以节距Pe布置,并且特征结构10的末端12以节距Pt布置。光耦合元件100包括光重定向构件30,该光重定向构件被设置成更靠近特征结构10的末端12而更远离入口端11,并且包括输入表面31、可被称为重定向表面的反射侧面32和出射表面33,使得当光学波导20被接收并且永久性地附接在每个特征结构10处时,由每个光学波导20发射的中心光线47作为输入中心光线40通过输入表面31进入光重定向构件30,被反射侧面32重定向成重定向的中心光线49,并且在出射表面33处作为输出中心光线41离开光重定向构件30。重定向的中心光线49和输出中心光线41在出射点60处与出射表面33相交。出射点60在出射表面33上的位置由图1B中的点阵列示意性地指示。每个特征结构10对应于出射表面33处的不同出射点60。对应于特征结构10的出射点60以不等于Pe的节距Px布置。在一些实施方案中,出射表面33是基本上平坦的(例如,如图1B中示意性地示出)。

[0033] 输入中心光线40被反射侧面32从输入表面31沿着入射方向70接收。反射侧面32将所接收的光的方向改变为不同的重定向方向71。入射方向70和重定向方向71限定传播平面P1并且限定两者间的角度β,如图1C中示意性地示出。在一些实施方案中,如本文别处进一步所述(参见例如图6A至图7C),对于每个光学波导和对应的附接特征结构,由光学波导发射的输入中心光线由光定向侧面从输入侧沿着入射方向接收,光重定向表面将所接收的光的方向改变为不同的重定向方向,入射方向和重定向方向限定对应于附接特征结构的传播平面,并且对应于至少两个不同的附接特征结构的传播平面在其间限定大于约2度或者在本文别处所描述的任何范围内的角度θ。

[0034] 术语输入光线可用于指在光线被反射表面重定向之前已经输入到光耦合元件中(例如,在被光学波导发射并且传输到光耦合元件的光重定向构件中之后)的光线;术语“重定向的光线”可用于指在已经被反射表面重定向之后并且在离开光耦合元件之前的光线;并且术语输出光线可用于指离开光耦合元件之后的光线。离开光纤的光可以在具有粘合剂的光纤界面处或者在具有光耦合元件的粘合剂界面处或在这两者处发生折射。输入中心光线40刚好在光线进入光耦合元件之后沿着入射方向70传播。重定向的中心光线49在被反射侧面32重定向之后并且在离开光耦合元件之前沿着重定向的方向71传播。由于出射表面33处的折射,输出中心光线41和重定向的中心光线49的方向可不同。

[0035] 反射侧面32可以是基本上平坦的，如图1A中示意性地示出。在一些实施方案中，反射侧面32包括多个弯曲表面部分或多个光重定向表面(例如，弯曲侧面)。例如，如本文别处进一步描述的(参见例如图9)，在一些实施方案中，多个波导附接特征结构包括第一附接特征结构和第二附接特征结构，反射侧面32包括从基本上平坦的表面(例如，曲率半径为表面的最大尺寸的至少5倍、10倍、20倍、50倍或100倍的表面)突出并且被构造成改变从由第一附接特征结构和第二附接特征结构支撑的相应的第一光学波导和第二光学波导接收的光的方向的第一弯曲表面部分和第二弯曲表面部分，第一弯曲表面部分和第二弯曲表面部分在基本上卵形的相应的第一边界和第二边界处与基本上平坦的表面相交，每个边界包括与较长长轴正交的较短短轴，并且第一边界和第二边界的较长长轴在其间限定大于约2度或在本文别处所描述的任何范围内的角度δ。又如，如本文别处进一步描述的(参见例如图11A至图11B)，在一些实施方案中，反射侧面32包括多个光重定向表面，每个光重定向表面具有旋转轴线并且被构造成接收由接收并且对准在对应的波导附接特征结构中的光学波导沿着入射方向发射的输入中心光线，入射方向和旋转轴线限定对应于光重定向表面的入射平面，并且对应于至少两个不同的光重定向表面的入射平面在其间限定大于约2度或在本文别处所描述的任何范围内的角度ω。又如，如本文别处进一步描述的(参见例如图12A至图12B)，在一些实施方案中，反射侧面32包括多个光重定向表面，每个光重定向表面被构造成接收由接收并且对准在对应的波导附接特征结构中的光学波导沿着在入射位置处与光重定向表面相交的入射方向发射的输入中心光线，光重定向表面在入射位置处限定第一主方向，该第一主方向对应于光重定向表面具有最小曲率(即，最大曲率半径)的方向，入射方向和第一主方向限定第一平面，并且第一平面对应于在其间限定大于约2度或在本文别处所描述的任何范围内的角度Ω的至少两个不同的光重定向表面。

[0036] 光学波导可以是任何合适类型的波导。例如，光学波导可以是信道波导或光纤。光纤可以是单模光纤或多模光纤。波导或光纤可具有任何合适的横截面形状，诸如圆形或多边形。

[0037] 波导对准或附接特征结构可以为任何合适的特征结构，包括沟槽诸如V形沟槽、U形沟槽或Y形沟槽。Y形沟槽在PCT公布号WO 2017/066022(Haase等人)和2017/066018(Haase等人)中描述。对于被描述为包括一种类型的特征结构(例如，沟槽)的光耦合元件的实施方案，另选的实施方案可以包括其他类型的特征结构(例如，波导附接特征结构、光学波导支撑件或光纤支撑件)。

[0038] 图2A至图2C是支撑在包括多个波导支撑件(例如，附接特征结构，诸如沟槽)110a至110c和反射侧面32a至32c的光耦合元件的部分上的多个光学波导120(例如，光纤)的示意性顶视图。每个光学波导120具有围绕光纤(例如，玻璃纤维)的缓冲层121(例如，聚合物缓冲层)，该光纤具有围绕芯(例如，玻璃芯)的包层122(例如，玻璃包层)。缓冲层121不存在于光纤的端部部分上(例如，缓冲层121可能已经从端部部分机械地剥离)，使得光纤暴露以用于附接到波导支撑件。

[0039] 在一些实施方案中，P＞Pt。这在图2A中示意性地示出，其中波导支撑件110a(例如，波导附接或对准特征结构诸如沟槽)具有以节距P布置的入口端和以节距P布置的末端，其中Pe大于Pt。在一些实施方案中，光耦合元件包括多个弯曲表面部分，所述多个弯曲表面部分被设置成从波导120接收光并且具有与波导120基本上对准的长轴，如本文别处进一步

描述的。在一些此类实施方案中或在其他实施方案中，光耦合元件在光出射点提供基本上等于Pt(例如，等于在5％内、或在3％内、或在2％内)的节距Px。Pe＞Px(例如，其中Pe＞Pt≈Px，或Pe≈Pt＞Px，或Pe＞Pt＞Px)的光耦合元件可用于将具有较大第一节距的光纤有效地耦合至具有以较小第二节距布置的光学元件的光学部件。

[0040] 在一些实施方案中，Pt基本上等于Pe。这在图2B中示意性地示出，其中波导支撑件110b具有以节距Pe布置的入口端和以节距Pt布置的末端，其中Pe基本上等于Pt(例如，等于在5％内，或在3％内、或在2％内、或足够接近等于两个不同的光学波导120的端部部分之间的最大角度小于5度、或小于3度、或小于2度)。在一些实施方案中，光耦合元件包括多个弯曲表面部分，所述多个弯曲表面部分被设置成从波导120接收光，并且具有被旋转以在光出射点提供小于Pt的节距Px的长轴，或者具有从波导120的中心偏移以在光出射点提供小于Pt的节距Px的中心，使得Pe≈Pt＞Px。

[0041] 在一些实施方案中，可能期望将具有较小第一节距的光纤耦合至具有以较大第二节距布置的光学元件的光学部件。在此类实施方案中，弯曲表面部分可被构造成在光出射点提供大于Pt的节距Px，使得Pe≈Pt＜Px。

[0042] 在一些实施方案中，Pe＜Pt。这在图2C中示意性地示出，其中波导支撑件110c具有以节距Pe布置的入口端和以节距Pt布置的末端，其中Pe小于Pt。在一些实施方案中，光耦合元件包括多个弯曲表面部分，所述多个弯曲表面部分被设置成从波导120接收光并且被构造成提供具有基本上等于Pt的节距Px的光出射点。其中Pe＜Px的光耦合元件(例如，其中Pe＜Pt≈Px、或Pe≈Pt＜Px、或Pe＜Pt＜Px)可用于将具有较小第一节距的光纤有效地耦合至具有以较大第二节距布置的光学元件的光学部件。

[0043] 在一些实施方案中，第一沟槽和第二沟槽(例如，在图2A至图2C中彼此相距最远的两个沟槽)包括与相应的第一末端和第二末端相对的相应的第一入口端和第二入口端。第一入口端与第二入口端之间的中心至中心间距为S1，并且第一末端与第二末端之间的中心至中心间距为S2。在一些实施方案中，反射侧面32a至32c包括多个光重定向表面(例如，如本文别处进一步描述的弯曲表面部分)。对应于第一沟槽和第二沟槽的第一光重定向表面和第二光重定向表面的位置之间的中心至中心间距在图2A至图2C中示意性地表示为S3。在一些实施方案中，S1大于S2和S3中的每一者。在一些实施方案中，S3大于S1和S2中的每一者。在图2A中，S1＞S2＞S3。在图2B中，S1、S2和S3基本上彼此相等(例如，等于在5％内、或在3％内、或在2％内)。在图2C中，S1＜S2＜S3。

[0044] 图3A至图3C是光耦合元件的示意性底视图，示意性地示出了出射点160的布置并且示意性地示出了节距Px的各种可能性。为了进行比较，还示出了对应于Pe或Pt的节距Pi。在图3A中，Pi大于Px。在一些实施方案中，Pi表示P，并且Px＜Pe。在一些实施方案中，Pi表示Pt，并且Px＜Pt。在一些实施方案中，Pe＞Pt＞Px。在图3B中，Pi基本上等于Px。在一些实施方案中，Pi表示Pt，并且Pt基本上等于Px。在图3C中，Px大于Pi。在一些实施方案中，Pi表示Pe，并且Px大于Pe。

[0045] 在一些实施方案中，Pe-Px≥5微米，或Pe-Px≥10微米，或Pe-Px≥15微米。在一些实施方案中，Pe介于约260和270微米之间，并且Px介于约245和255微米之间。在一些实施方案中，Pe为约265微米，并且Px为约250微米。

[0046] 图4是包括多个光学波导支撑件410的光耦合元件400和包括光重定向表面432的

光重定向构件430的示意性顶视图。示意性地示出沿着光学波导支撑件410延伸到对应的光重定向表面432的中心线440。光学波导支撑件410具有以节距Pe布置的入口端和以节距Pt布置的末端。在一些实施方案中，由被接收并且附接到光学波导支撑件的每个光学波导发射的中心光线作为输入中心光线通过输入表面进入光重定向构件430，由对应的光重定向表面432重定向成重定向的中心光线，并且在出射表面处作为输出中心光线离开光重定向构件430，其中输出中心光线在出射点处与出射表面相交。出射表面上的出射点的位置由图4中的圆圈460示意性地示出。出射点以节距Px布置。在例示的实施方案中，Pe＞Pt＞Px。其中Pe＞Pt＞Px的光耦合元件可用于将具有较大第一节距的光纤有效地耦合至具有以较小的第二节距布置的光学元件的光学部件。

[0047] 在一些实施方案中，来自不同波导的光以基本上平行的方向离开光耦合元件(参见例如图7B)。在一些实施方案中，来自不同波导的光沿着非平行方向离开光耦合元件(参见例如图6B)。图5是光耦合元件130的示意性端视图，该光耦合元件包括光反射侧面132和在例示的实施方案中基本上平坦的出射表面133。光反射侧面132可以为基本上平坦的表面或者可包括弯曲表面部分，如本文别处进一步描述的。在例示的实施方案中，输出中心光线141沿着非平行方向透射穿过出射表面133。

[0048] 图6A至图6B分别是光耦合元件200的示意性顶视图和端视图；并且7A至图7B分别是光耦合元件300的示意性顶视图和端视图。元件212、230、232、233、260和元件312、330、332、333、360分别对应于元件12、30、32、33、60。光耦合元件200和300可各自被构造成将具有第一节距的光纤耦合至以不同的第二节距布置的光学元件(例如，光源阵列或光检测器阵列)。在图6A至图6B所示的实施方案中，光纤被接收在使光纤沿着基本上相同的方向对准的沟槽中，并且光耦合元件200包括光重定向表面，该光重定向表面具有相对于彼此倾斜的弯曲表面部分，以将从光纤接收的光重定向到期望的方向，使得离开光耦合元件200的光束的节距Px小于光纤的节距Pe。在图7A至图7B所示的实施方案中，光纤被接收在沟槽中，这些沟槽将光纤对准为使得光纤在光耦合元件300的入口端处扩展，并且光耦合元件300包括具有弯曲表面部分的光重定向表面，这些弯曲表面部分被设置成将从波导接收的光重定向到基本上平行的方向，使得离开光耦合元件300的光束的节距Px小于沟槽的入口端处的光纤的节距Pe。

[0049] 在一些实施方案中，光耦合元件200(相应地，300)包括光重定向构件230(相应地，330)，该光重定向构件包括用于从接收并且对准在多个沟槽中的沟槽(例如，特征结构210a和210b(相应地，310a和310b))中的光学波导(例如，波导220a和220b(相应地，320a和320b))接收光(例如，中心光线240a和240b(相应地，340a和340b))的输入侧(对应于图1A中描绘的输入表面31)；以及光重定向表面(例如，光重定向表面232a和232b(相应地，332a和332b))，使得当接收并且对准在沟槽中的光学波导(例如，波导220a和220b(相应地，320a和320b))发射输入中心光线(例如，中心光线240a和240b(相应地，340a和340b))时，输入中心光线由光重定向表面从输入侧沿着入射方向(例如，入射方向270a和270b(相应地，370a和370b))接收，并且光重定向表面将所接收的光的方向改变为不同的重定向方向(例如，重定向方向271a和271b(相应地，371a和371b))。入射方向在入射位置244处与光重定向表面相交(相应地，344)。入射方向和重定向方向限定对应于沟槽的传播平面(例如，Pa、Pb)。

[0050] 在一些实施方案中，对应于至少两个不同沟槽(例如，210a和210b或310a和310b)

的传播平面Pa和Pb在其间限定角度θ(参见例如图6B、图6C、图7A和图7C)。两个不同的沟槽可以被认为是光耦合元件中的任何两个不同的沟槽。例如,两个不同的沟槽可以被认为是光耦合元件中彼此间距最大的两个沟槽。类似地,当描述与两个不同的特征结构(例如,支撑件、沟槽、表面部分、光重定向表面)相关或与第一特征结构和第二特征结构相关的特性时,特征结构可以为两个不同特征结构中的任一个特征结构,诸如彼此间距最大的对应的特征结构。在一些实施方案中,角度θ大于约2度、或大于约3度、或大于约4度、或大于约5度、或大于约6度、或大于约7度、或大于约8度、或大于约10度、或大于约15度、或大于约20度。在一些实施方案中,角度θ不超过约30度。

[0051] 在光耦合元件200的一些实施方案中,传播平面Pa和传播平面Pb在基本上平行于第一方向(x方向)的相交轴线72处彼此相交,如图6C中示意性地示出。在光耦合元件300的一些实施方案中,传播平面Pa和传播平面Pb在基本上垂直于第一方向和第二方向(x方向和y方向)的相交轴线73处彼此相交,如图7C中示意性地示出。

[0052] 在一些实施方案中,第一输入中心光线和第二输入中心光线在其间限定角度α1。例如,第一输入中心光线340a和第二输入中心光线340b在其间限定角度α1(参见图7A)。第一输入中心光线和第二输入中心光线可以是会聚的或发散的或者可以是基本上平行的(例如,第一输入中心光线240a和第二输入中心光线240b在其间限定约零度的角度)。在一些实施方案中,第一输出中心光线和第二输出中心光线在其间限定角度α2。例如,第一输出中心光线241a和第二输出中心光线241b在其间限定角度α2(参见图6B)。第一输出中心光线和第二输出中心光线可以是会聚的或发散的或基本上平行的(例如,第一输入中心光线340a和第二输入中心光线340b在其间限定约零度的角度)。

[0053] 角度α1在光线刚好进入光耦合元件之后介于输入中心光线240a和240b(相应地,340a和340b)之间,并且角度α2在光线刚好离开光耦合元件之后介于第一输出中心光线241a和第二输出中心光线241b(相应地,341a和341b)之间。作为第一输出中心光线和第二输出中心光线离开光耦合元件的光耦合元件内部的光线之间的角度可以不同于第一输出中心光线和第二输出中心光线之间的角度α2。例如,第一输出中心光线和第二输出中心光线之间的角度α2可以为大约零,并且作为第一输出中心光线和第二输出中心光线离开的光耦合元件内部的对应的重定向的中心光线之间的角度可不同于零。在一些实施方案中(例如,在光耦合元件300的一些实施方案中),角度α1大于约2度,并且角度α2小于约1度。在一些此类实施方案中,角度α1大于约3度、4度、5度、6度、7度、8度、10度、15度或20度。在一些此类实施方案中,角度α1不超过约30度。在一些实施方案中(例如,在光耦合元件200的一些实施方案中),角度α1小于约1度并且角度α2大于约1度。在一些此类实施方案中,角度α2大于约3度、4度、5度、6度、7度、8度、10度、15度或20度。在一些此类实施方案中,角度α2不超过约30度。

[0054] 图6D是根据光耦合元件200的一些实施方案的穿过由第i输入中心光线240i和第i重定向的中心光线249i限定的传播平面Pi中的第i波导220i的横截面。第i输入中心光线240i和重定向的中心光线249i在其间限定角度βi。第i输出中心光线241i在传播平面中的投影也示意性地示于图6D中。由于在出射表面233处的折射,输出中心光线241i沿着与重定向的中心光线249i不同的方向传播。第i光重定向表面232i也示意性地示于图6D中。在光耦合元件200的一些实施方案中或在其他实施方案中,第i光重定向表面232i具有旋转轴线

235i。旋转轴线235i在传播平面Pi上的投影示意性地示于图6D中。在光耦合元件200的一些实施方案中或者在其他实施方案中，第i光重定向表面232i在输入中心光线240i的入射位置处限定第一主方向246i，该第一主方向对应于光重定向表面232i具有最小曲率(最大曲率半径)的方向，如本文别处进一步描述的。第一主方向246i在传播平面Pi上的投影示意性地示于图6D中。

[0055] 在一些实施方案中，第一输入中心光线和重定向的中心光线(例如，中心光线240a和249a或中心光线340a和349a)在其间限定角度β1(参见例如图6D，其中i＝1)。类似地，在一些实施方案中，第二输入中心光线和重定向的中心光线(例如，中心光线240b和249b或中心光线340b和349b)在其间限定角度β2(参见例如图6D，其中i＝2)。在一些实施方案中(例如，在光耦合元件200或300的一些实施方案中)，角度β1大于约30度，并且角度β2大于约30度。在一些实施方案中，角度β1和β2独立地在约30度至约150度、或约50度至约130度、或约60度至约120度、或约70度至约110度、或约80度至约100度的范围内。在优选的实施方案中，角度β1和β2大致相等。在一些实施方案中，角度β1和β2各自为约90度。

[0056] 在一些实施方案中，第一沟槽和第二沟槽(例如，特征结构210a和210b(相应地，310a和310b)包括与相应的第一末端和第二末端(例如，末端212a和212b(相应地，312a和312b))相对的相应的第一入口端和第二入口端(例如，入口端211a和211b(相应地，311a和311b)。第一入口端与第二入口端之间的中心至中心间距为S1，第一末端与第二末端之间的中心至中心间距为S2，并且第一光重定向表面与第二光重定向表面之间的中心至中心间距为S3。对于光耦合元件200，S1、S2和S3基本上彼此相等(例如，等于在5％内、或在3％内、或在2％内)。对于光耦合元件300，S1大于S2和S3中的每一者。在其他实施方案中，S3大于S1和S2中的每一者(参见例如图2C)。支撑件或沟槽的入口端以节距Pe布置，并且支撑件或沟槽的末端以节距Pt布置。在光耦合元件200的例示的实施方案中，Pt基本上等于Pe。在光耦合元件300的例示的实施方案中，Pe大于Pt。

[0057] 在光耦合元件200(相应地，300)的一些实施方案中，当第一光学波导220a和第二光学波导220b(相应地，320a和320b)被接收并且对准在相应的第一沟槽210a和第二沟槽210b(相应地，310a和310b)中并且发射相应的第一输入中心光线240a和第二输入中心光线240b(相应地，340a和340b)时，第一光重定向表面232a和第二光重定向表面232b(相应地，332a和332b)接收输入中心光线并且将其反射成相应的第一重定向的中心光线和第二重定向的中心光线，使得重定向的中心光线作为相应的第一输出中心光线241a和第二输出中心光线241b(相应地，341a和341b)离开光耦合元件200(相应地，300)。对于光耦合元件200和光耦合元件300中的每一个光耦合元件，输出中心光线在以小于Pe的节距Px布置的出射点处与出射表面相交。

[0058] 光重定向表面232(相应地，332)包括从基本上平坦的表面234(相应地，334)突出的第一弯曲表面部分232a和第二弯曲表面部分232b(相应地，332a和332b)，所述第一弯曲表面部分和第二弯曲表面部分被构造成改变从由第一光纤支撑件和第二光纤支撑件支撑的光纤接收的光的方向。这在图8中进一步示出，该图为光重定向构件530的一部分的示意性侧视图，该光重定向构件的一部分可对应于例如光重定向构件230或330。图8示意性地示出从基本上平坦的表面534突出的弯曲表面部分532b。弯曲表面部分可被描述为例如反射镜、反射器或反射表面。

[0059] 图9为光重定向表面632的示意图，该光重定向表面可对应于例如光重定向表面232或332，并且包括多个弯曲表面部分，所述多个弯曲表面部分包括从基本上平坦的表面634突出的第一弯曲表面部分632a和第二弯曲表面部分632b。图9为光重定向表面632沿着基本上垂直于基本上平坦的表面634的方向的示意图。在一些实施方案中，第一弯曲表面部分632a和第二弯曲表面部分632b在基本上卵形的(例如，椭圆形或近似椭圆形的)相应的第一边界636a和第二边界636b处与基本上平坦的表面634相交，其中每个边界包括正交于较长长轴643a或643b的较短短轴642a或642b。

[0060] 不同弯曲表面部分的较长主轴可相对于彼此旋转。例如，在图6A至图6B所示的实施方案中，弯曲表面部分可围绕x轴旋转以将反射光转向到期望的重定向方向。又如，在图7A至图7B所示的实施方案中，弯曲表面部分可围绕z轴旋转，以使长轴与波导对准。在一些实施方案中，第一边界和第二边界的较长长轴643a和643b在其间限定角度δ，如图9中示意性地示出。在一些实施方案中，角度δ大于约2度、或大于约3度、或大于约4度、或大于约5度、或大于约6度、或大于约7度、或大于约8度、或大于约10度、或大于约15度、或大于约20度。在一些实施方案中，角度δ不超过约30度。

[0061] 弯曲表面部分的形状和取向可被选择为使得光重定向构件的光输出沿着期望的方向传播。弯曲表面部分的曲率可被选择为提供所接收的光的发散度的期望的变化(例如，用于聚焦或准直重定向的光)。在一些实施方案中，代替旋转弯曲表面部分来调整光输出方向或除此之外，弯曲表面部分以与光学波导不同的节距布置以提供相对于波导的偏移。

[0062] 图10是光学组件901的示意性端视图，该光学组件包括光耦合元件900，该光耦合元件将在例示的实施方案中作为光纤的多个光学波导920光学耦合至光学部件948，该光学部件可包括以小于光学波导920的节距的节距布置的光源阵列或光检测器阵列。光耦合元件900包括以小于光学波导920的节距的节距布置的弯曲表面部分932。光941可以从光学波导920被传输至光学部件948或从光学部件948被传输至光学波导920。

[0063] 在一些实施方案中，光耦合元件适于与配合光耦合元件配合。例如，光耦合元件和配合光耦合元件可用于将带缆连接在一起。例如，光耦合元件可包括各种特征结构，诸如配合舌状部，以有利于光耦合元件与配合光耦合元件的配合。例如，光学连接器的有用的特征结构在美国专利号9,482,827(Haase等人)中有所描述。

[0064] 在一些实施方案中，光耦合元件200或300的光重定向表面中的每个光重定向表面(例如，光重定向表面的弯曲表面部分)具有旋转轴线。例如，在一些实施方案中，弯曲表面部分的形状是通过围绕轴线旋转曲线(例如，抛物线或圆弧)来限定的旋转表面。

[0065] 图11A是被设置成接收来自光学波导720a的光的光重定向表面732a(例如，对应于重定向表面232的光重定向表面部分232a或对应于重定向表面332的光重定向表面部分332a)的示意图。图11B是包括多个光重定向表面的光耦合元件700的端视图，所述多个光重定向表面包括光重定向表面732a和732b。在例示的实施方案中，光重定向表面732a和732b是彼此相距最远的两个光重定向表面。在其他实施方案中，第一光重定向表面和第二光重定向表面可以为光耦合元件的任何两个不同的光重定向表面。在例示的实施方案中，光耦合元件700包括光重定向表面732，该光重定向表面包括从基本上平坦的表面734突出的第一光重定向表面732a和第二光重定向表面732b。光重定向表面732a和732b沿着相应的重定向方向771a和771b将从对应的光学波导接收的中心光线重定向。每个光重定向表面(例如，

光重定向表面732a或732b)具有旋转轴线(例如,旋转轴线735a或735b)并且被构造成接收输入中心光线(例如,中心光线740a),该输入中心光线由接收和对准在对应的光学波导支撑件(例如,光学波导支撑件710a)中的光学波导(例如,光学波导720a)沿着入射方向(例如,入射方向770a)发射。入射方向和旋转轴线限定对应于光重定向表面(例如,光重定向表面732a)的入射平面(例如,入射平面Qa)。对应于至少两个不同的光重定向表面(例如,732a和732b)的入射平面(例如,Qa和Qb)在其间限定角度ω,如图11B中示意性地示出。在一些实施方案中,角度ω大于约2度、或大于约3度、或大于约4度、或大于约5度、或大于约6度、或大于约7度、或大于约8度、或大于约10度、或大于约15度、或大于约20度。在一些实施方案中,角度ω不超过约30度。

[0066] 在弯曲表面上的任何给定点处,可针对由该表面与包含该点处的弯曲表面的法线的平面的交点限定的曲线确定曲率。该曲率通常取决于限定曲线的平面的取向。最大曲率和最小曲率(分别对应于最小曲率半径和最大曲率半径)被称为主曲率,并且对应的平面被称为主平面。在主平面中与表面相切的方向被称为主方向。在一些实施方案中,光重定向表面(例如,光重定向表面的弯曲表面部分)中的每一个光重定向表面具有基本上卵形的边界,该基本上卵形的边界在入射位置处具有沿着主方向的长轴,该主方向对应于光重定向表面具有最小曲率的方向。例如,在一些实施方案中,较长长轴643a和643b沿着光重定向表面632a和632b的最小曲率的方向。

[0067] 图12A是被设置成接收来自光学波导820a的光的光重定向表面832a(例如,对应于光重定向表面部分232a或光重定向表面部分332a)的示意图。图12B是包括多个光重定向表面的光耦合元件800的端视图,所述多个光重定向表面包括光重定向表面832a和832b。在例示的实施方案中,光重定向表面832a和832b是彼此相距最远的两个光重定向表面。在其他实施方案中,第一光重定向表面和第二光重定向表面可以为光耦合元件的任何两个不同的光重定向表面。在例示的实施方案中,光耦合元件800包括光重定向表面832,该光重定向表面包括从基本上平坦的表面834突出的第一光重定向表面832a和第二光重定向表面832b。光重定向表面832a和832b沿着相应的重定向方向871a和871b将从对应的光学波导接收的中心光线重定向。每个光重定向表面(例如,光重定向表面832a)被构造成接收由接收并且对准在对应的光学波导支撑件(例如,光学波导支撑件810a)中的光学波导(例如,光学波导820a)沿着在入射位置(例如,入射位置844a)处与光重定向表面相交的入射方向(例如,入射方向870a)发射的输入中心光线(例如,中心光线840a)。光重定向表面832a在入射位置处限定第一主方向846a,该第一主方向对应于光重定向表面具有最小曲率的方向。图12A中示出了入射位置844a处的法线方向845a。入射方向846a和第一主方向846a限定第一平面Sa。类似地,第二光重定向表面832b的入射方向和第一主方向846b限定第一平面Sb。对应于至少两个不同的光重定向表面(例如,832a和832b)的第一平面(例如,Sa和Sb)在其间限定角度Ω,如图12B中示意性地示出。在一些实施方案中,角度Ω大于约2度、或大于约3度、或大于约4度、或大于约5度、或大于约6度、或大于约7度、或大于约8度、或大于约10度、或大于约15度、或大于约20度。在一些实施方案中,角度Ω不超过约30度。

[0068] 本说明书中的光耦合元件可以是整体式构造。整体式构造是不具有任何内部界面、接头或接缝的单件式构造。整体式构造可通过例如模制(例如,注塑成型热塑性塑料)、浇铸或机加工制成。

[0069] 诸如“约”的术语将在本领域普通技术人员在本说明书中使用和描述的上下文中理解。如果本领域普通技术人员在本说明书中使用和描述的上下文中对“约”应用于表达特征大小、数量和物理特性的量的使用不清楚，则“约”将被理解为是指在指定值的10％以内。给定为约指定值的量可精确地为指定值。例如，如果本领域普通技术人员在本说明书中使用和描述的上下文中对其不清楚，则具有约1的值的量是指该量具有介于0.9和1.1之间的值，并且该值可为1。

[0070] 本领域普通技术人员将在本说明书中使用和描述的上下文中理解术语诸如“基本上”。如果本领域普通技术人员在本说明书中使用和描述的上下文中对“基本上平行”的使用不清楚，则“基本上平行”将指在平行的30度以内。在一些实施方案中，描述为彼此基本上平行的方向或表面可以在平行的20度以内或10度以内，或者可以是平行的或标称平行的。如果本领域普通技术人员在本说明书中使用和描述的上下文中对“基本上垂直”的使用不清楚，则“基本上垂直”将指在垂直的30度以内。在一些实施方案中，描述为彼此基本上垂直的方向或表面可以在20度内、或在垂直的10度内、或者可以是名义上垂直的。

[0071] 上述所有引用的参考文献、专利和专利申请以一致的方式全文据此以引用方式并入本文。在并入的参考文献部分与本申请之间存在不一致或矛盾的情况下，应以前述说明中的信息为准。

[0072] 除非另外指明，否则针对附图中元件的描述应被理解为同样应用于其他附图中的对应的元件。虽然本文已经例示并描述了具体实施方案，但本领域的普通技术人员将会知道，在不脱离本公开范围的情况下，可用多种另选的和/或等同形式的具体实施来代替所示出和所描述的具体实施方案。本申请旨在涵盖本文所讨论的具体实施方案的任何改型或变型。因此，本公开旨在仅受权利要求及其等同形式的限制。

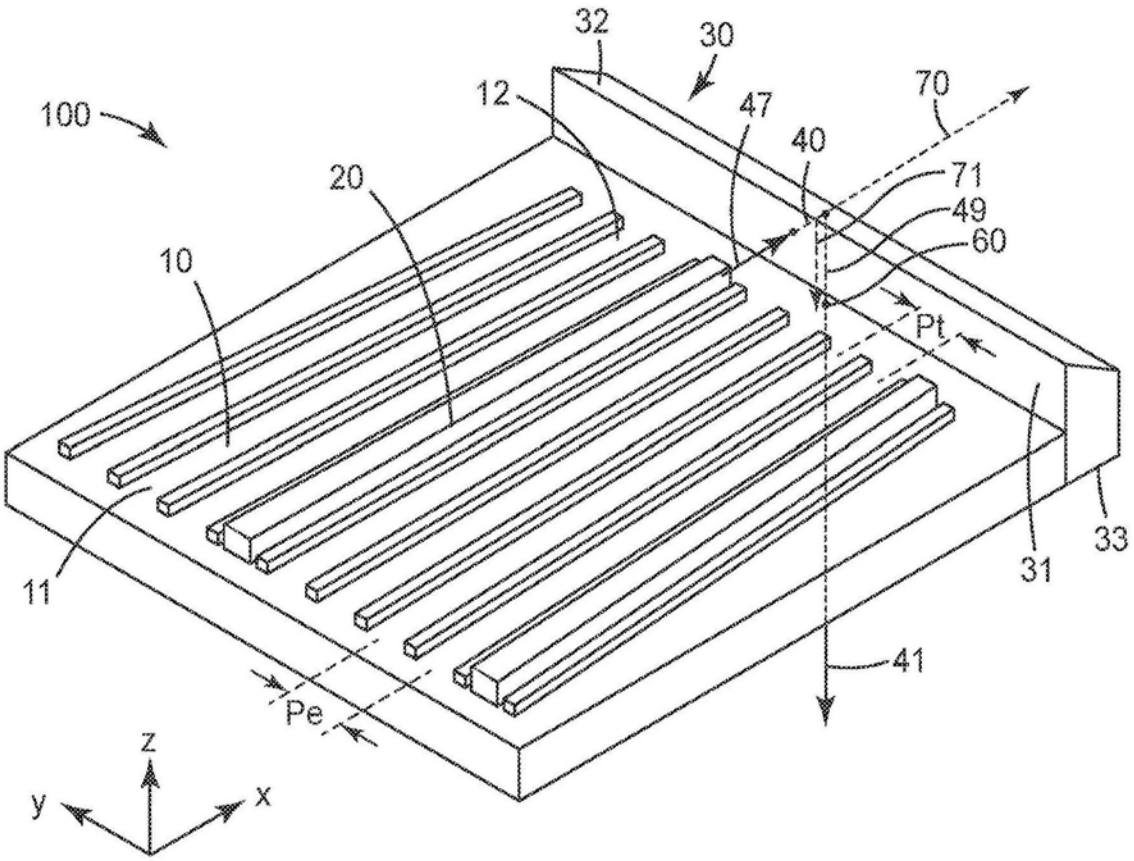


图1A

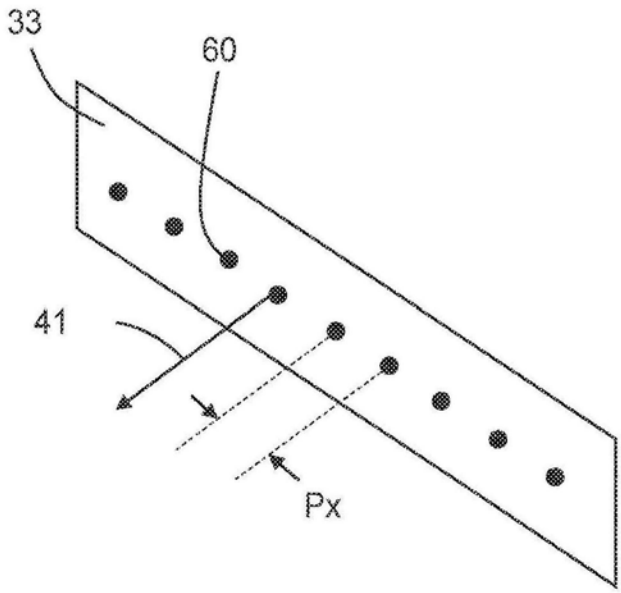


图1B

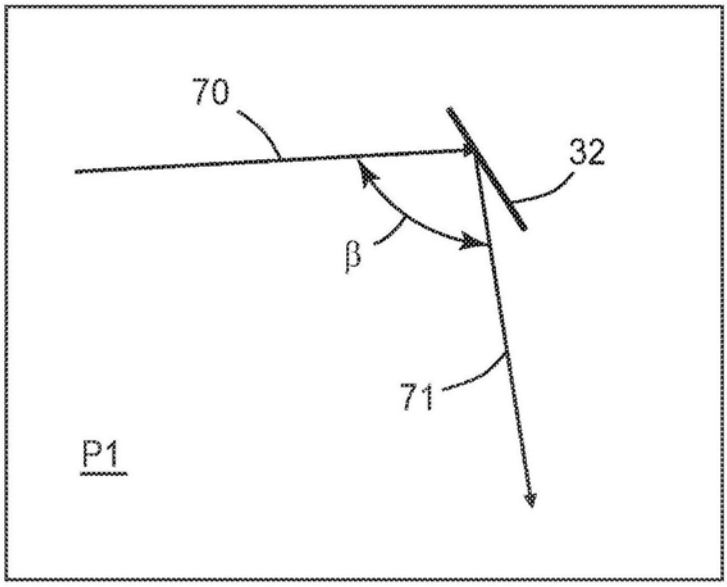


图1C

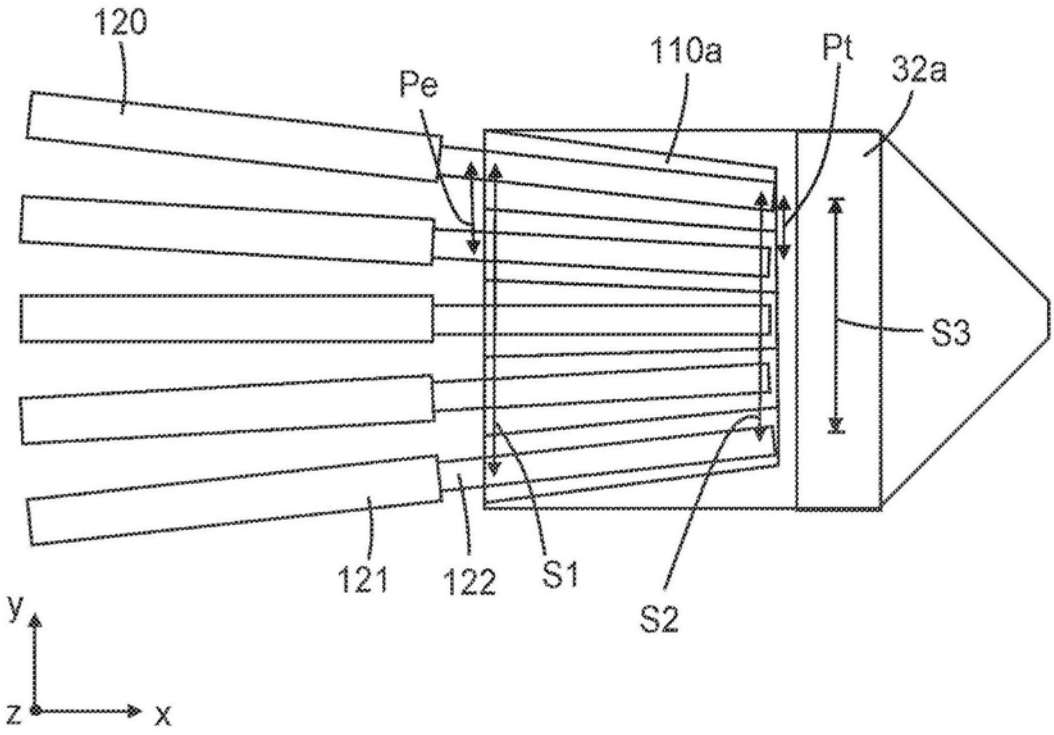


图2A

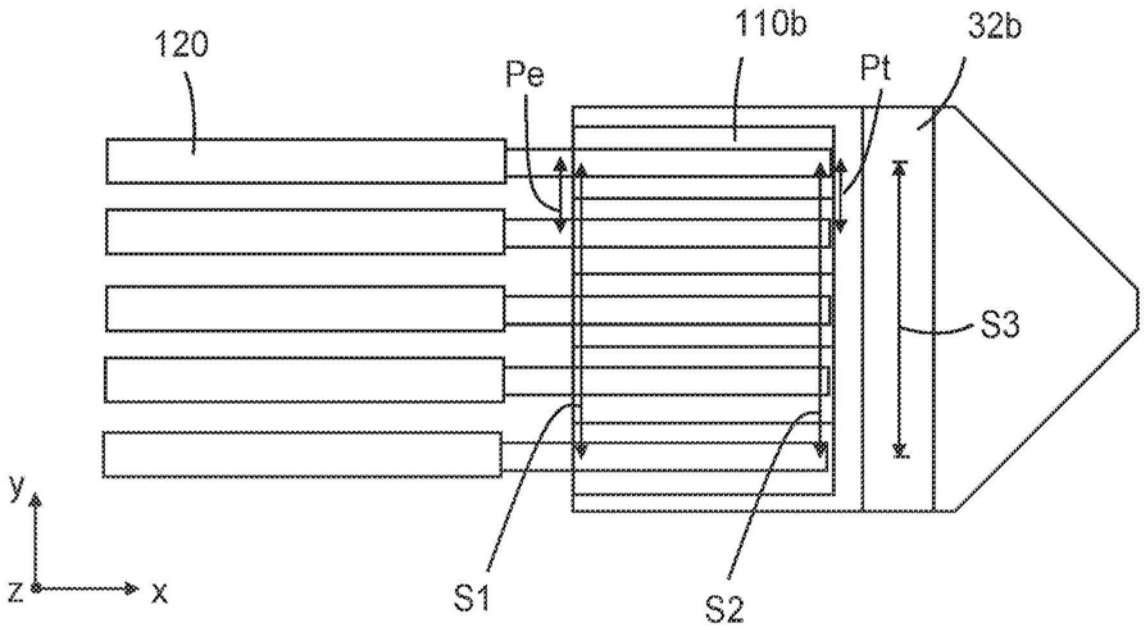


图2B

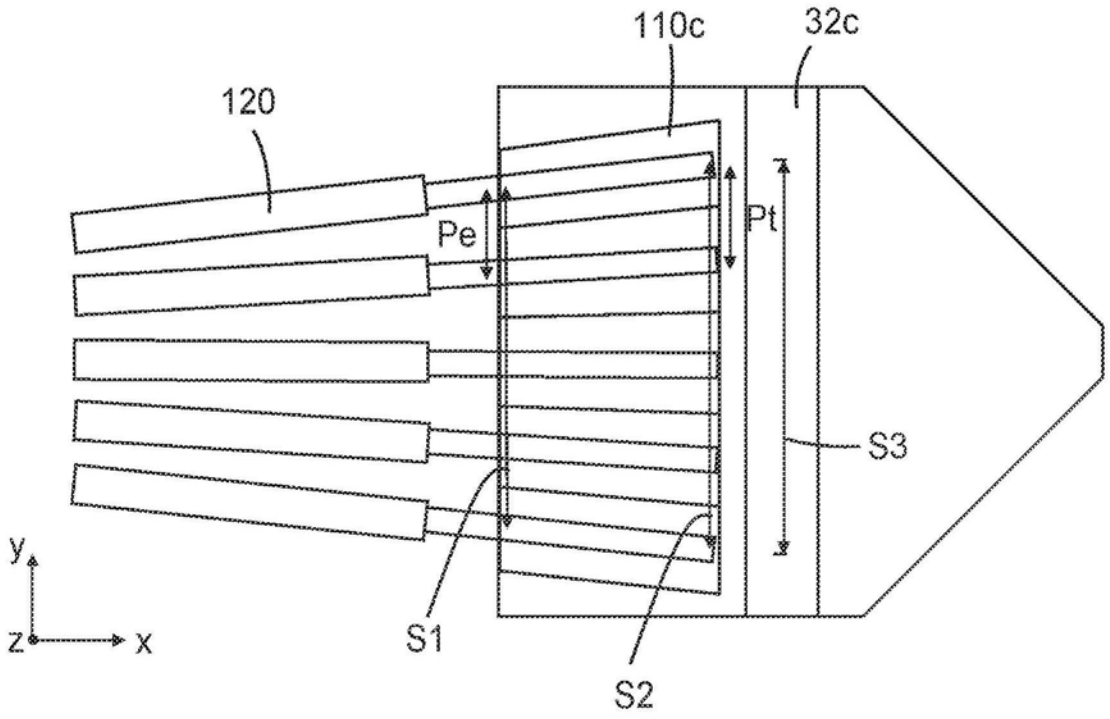


图2C

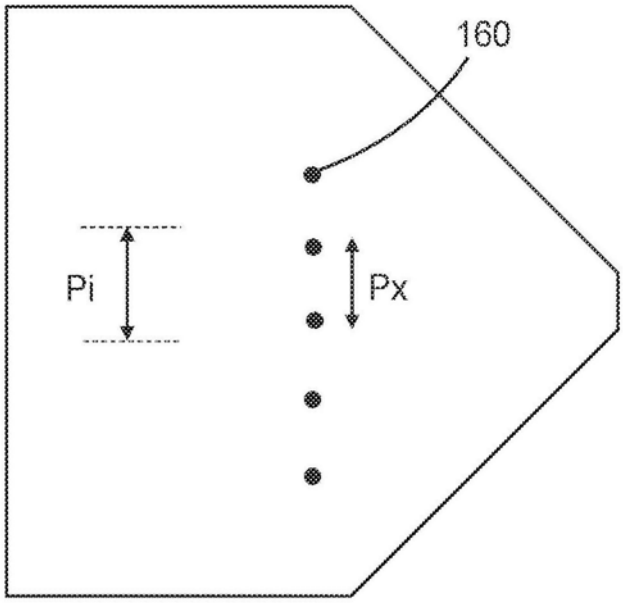


图3A

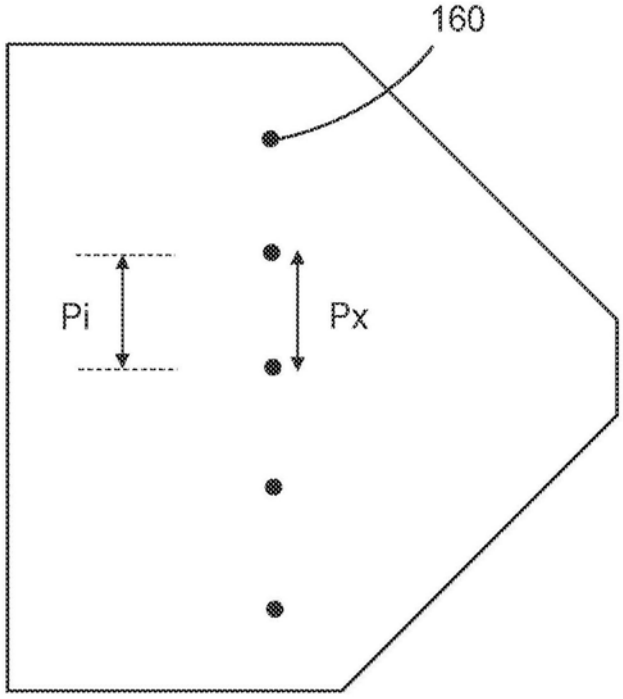


图3B

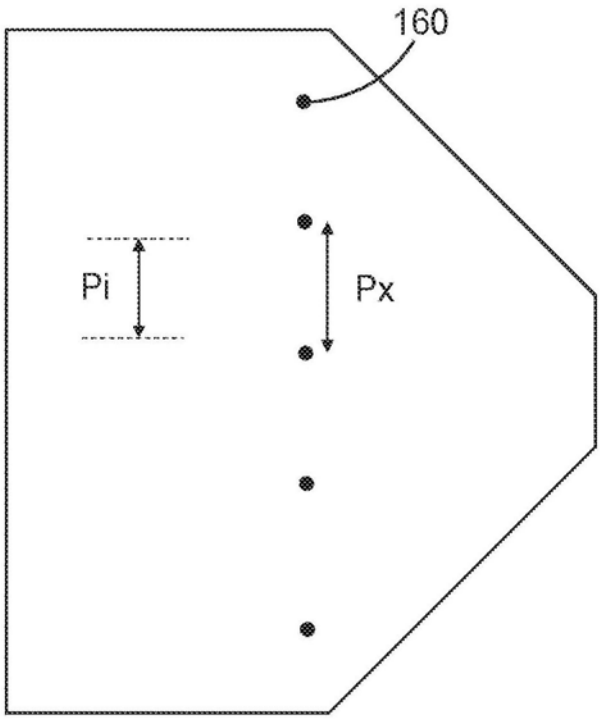


图3C

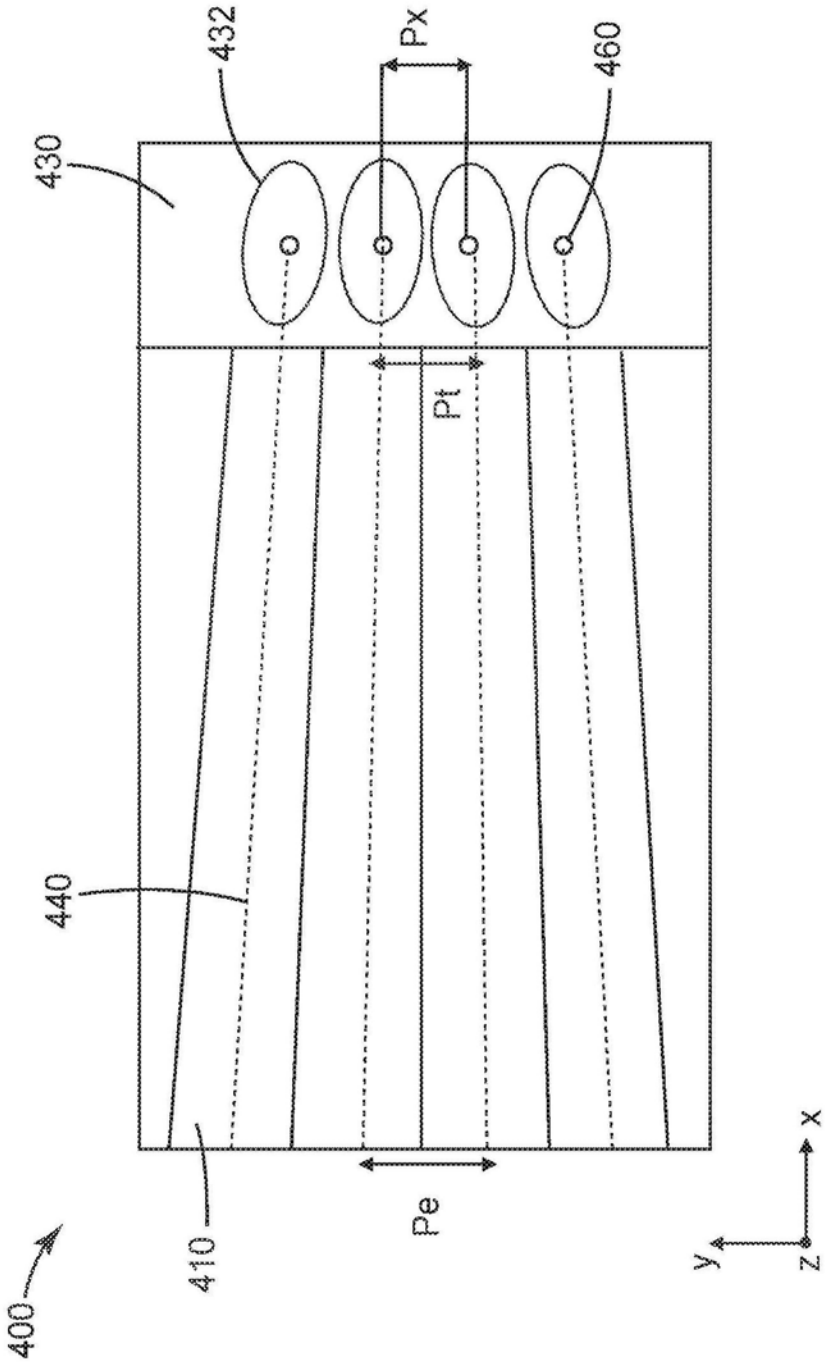


图4

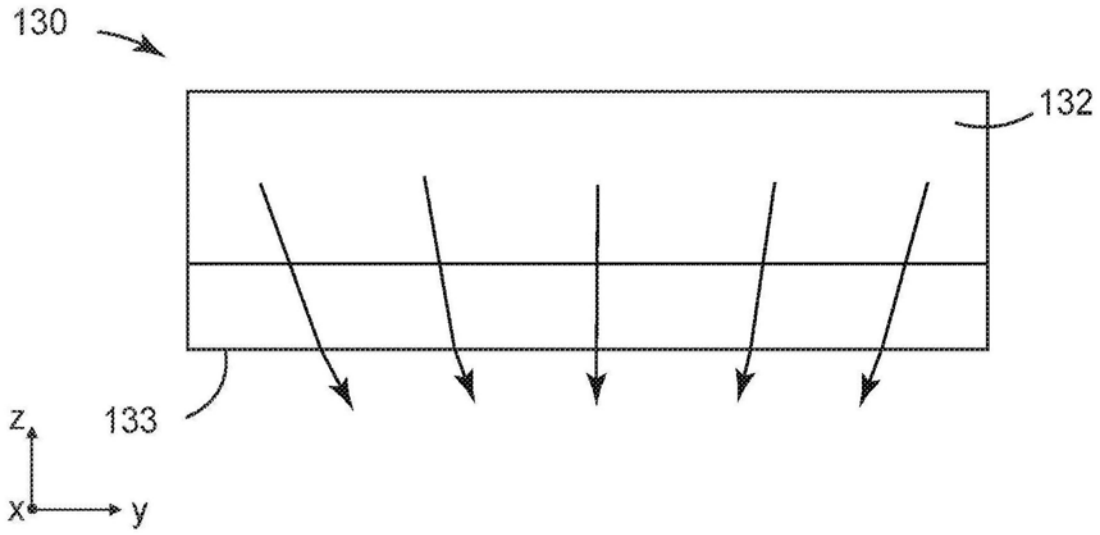


图5

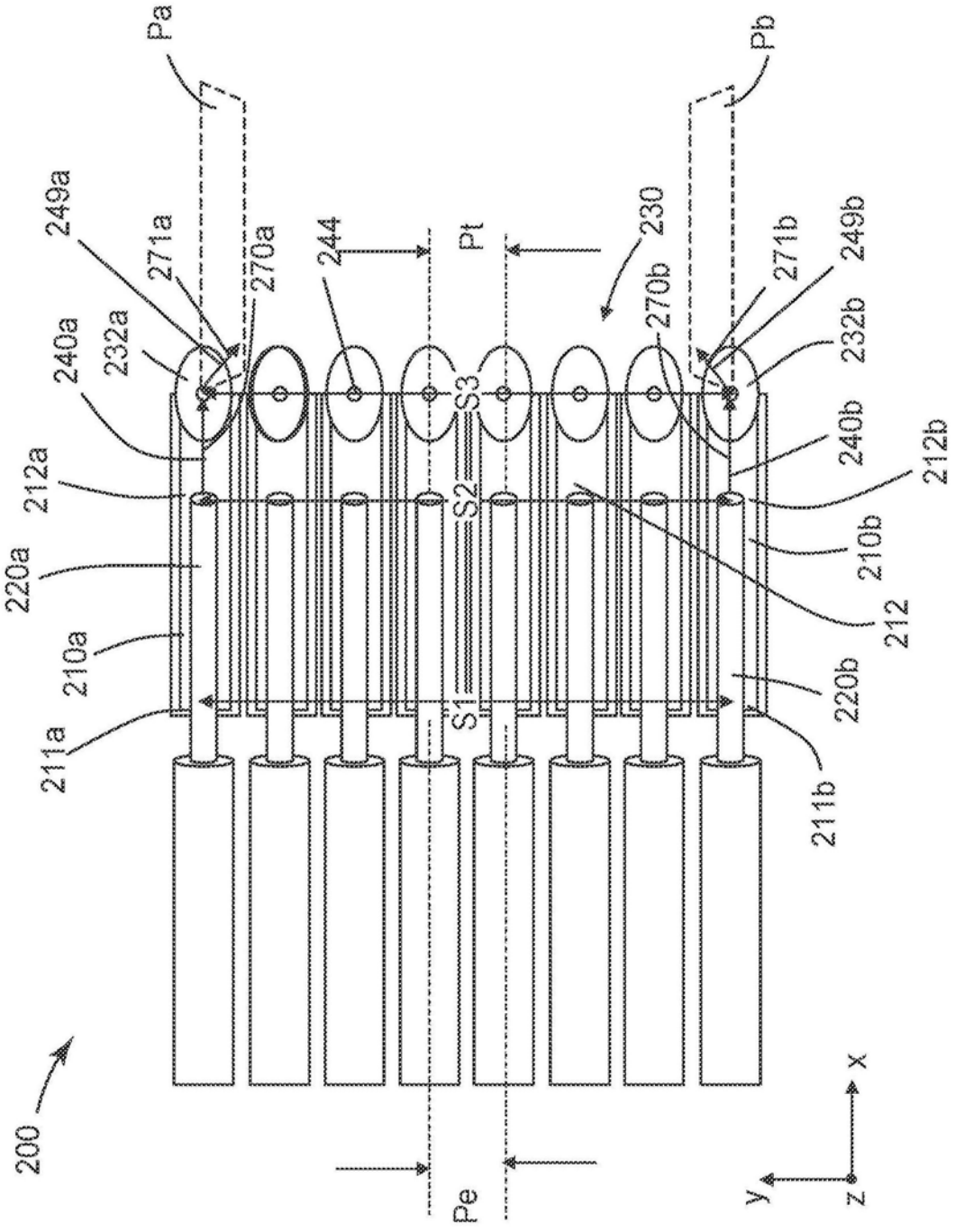

Pa
Pb
249a
271a
270a
244
Pt
230
270b
271b
249b
240a
232a
232b
S3
240b
212a
S2
212b
220a
210b
212
210a
S1
220b
211a
211b
200
Pe
x
y
z

图6A

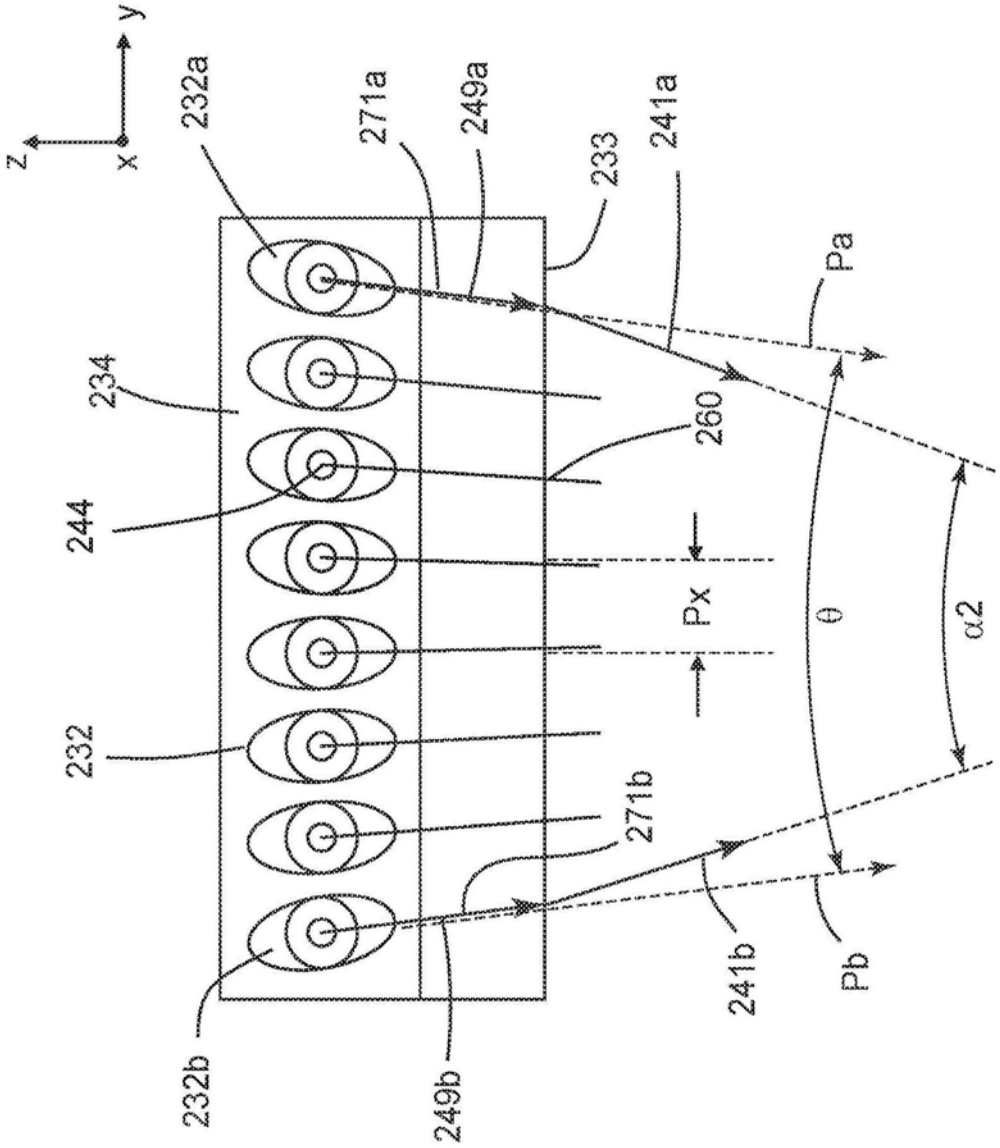

y
z
x
232a
271a
249a
233
241a
Pa
234
260
244
Px
θ
α2
232
271b
241b
Pb
232b
249b

图6B

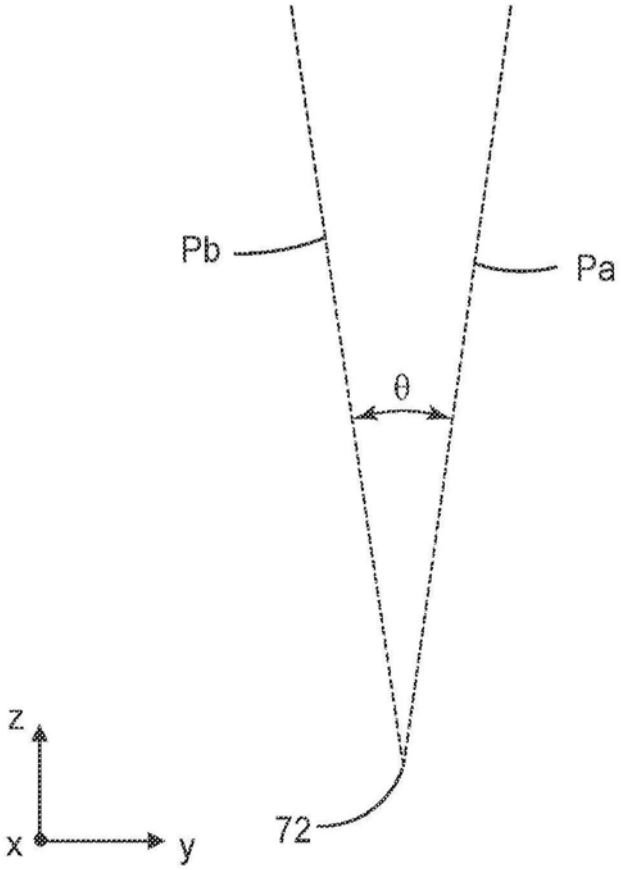


图6C

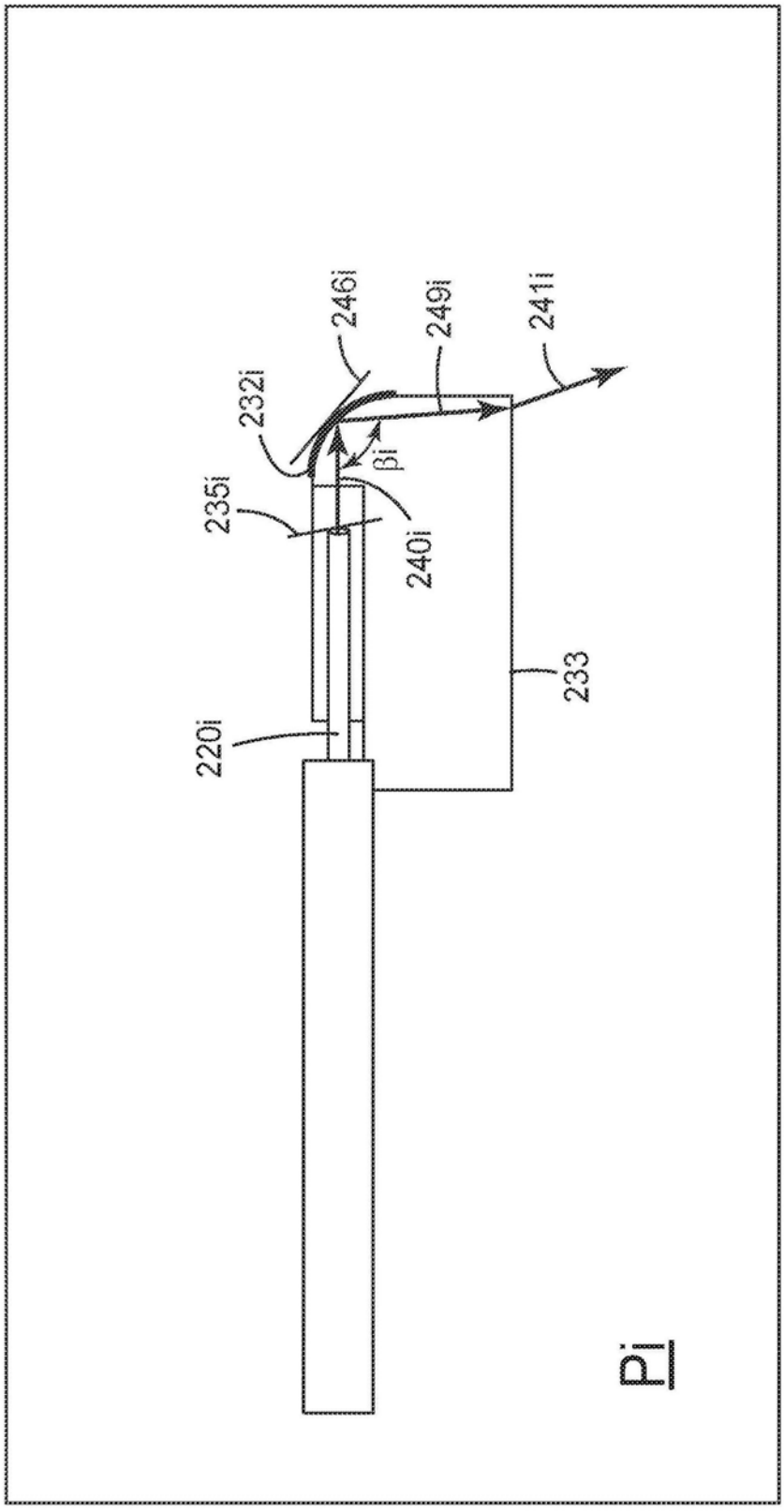


图6D

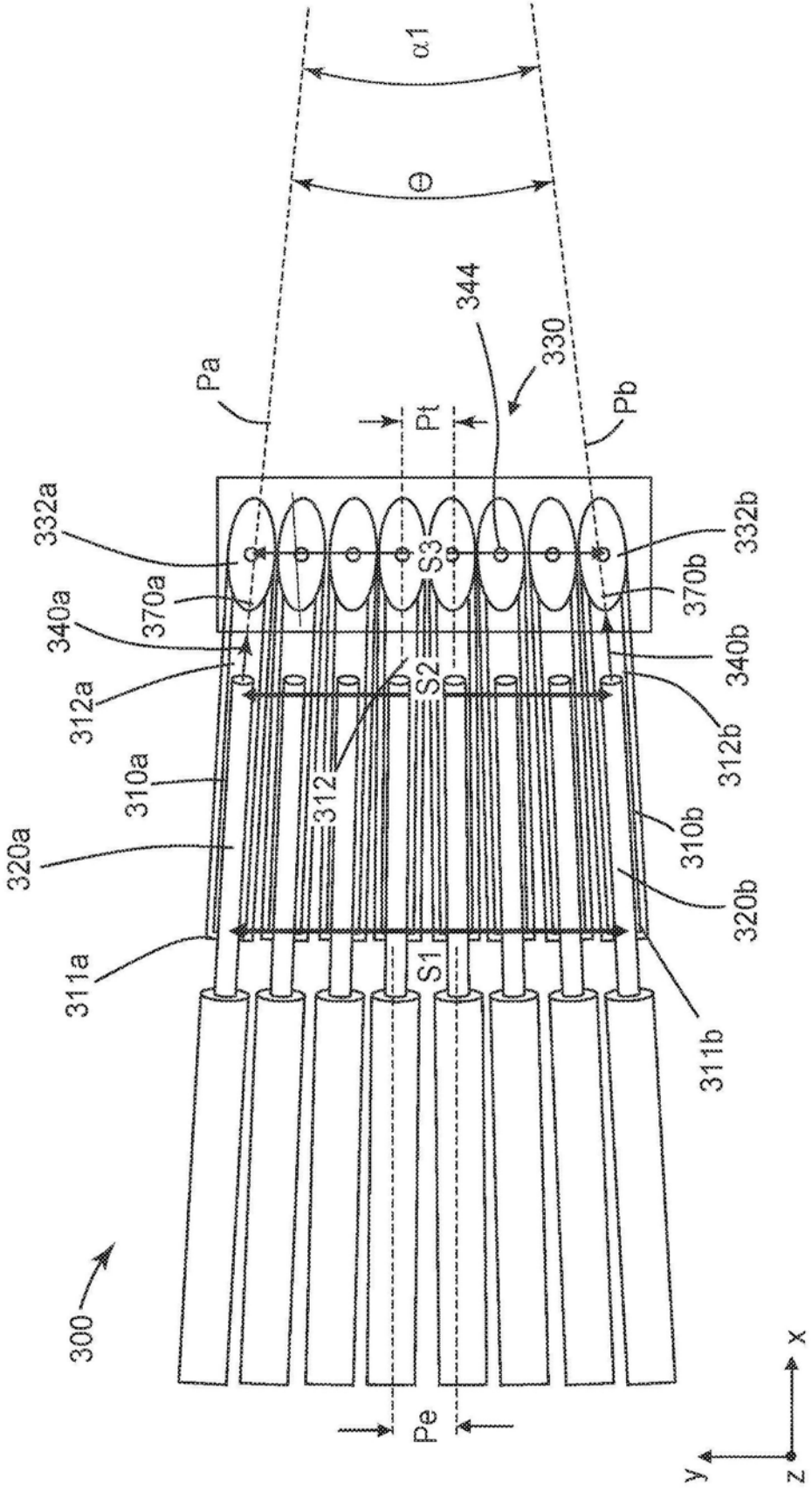

α1
Θ
344
330
Pa
Pb
Pt
332a
332b
370a
370b
340a
340b
312a
312b
S3
S2
S1
312
310a
310b
320a
320b
311a
311b
300
Pe
x
y
z

图7A

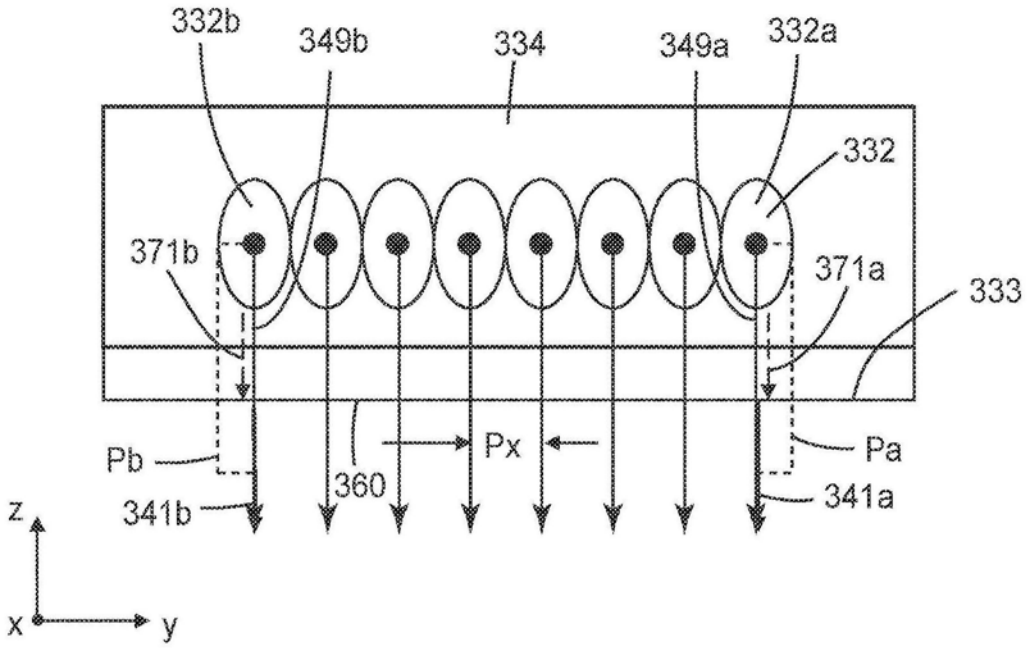

332b
349b
334
349a
332a
332
371b
371a
333
Pb
Px
Pa
360
341b
341a
z
x
y

图7B

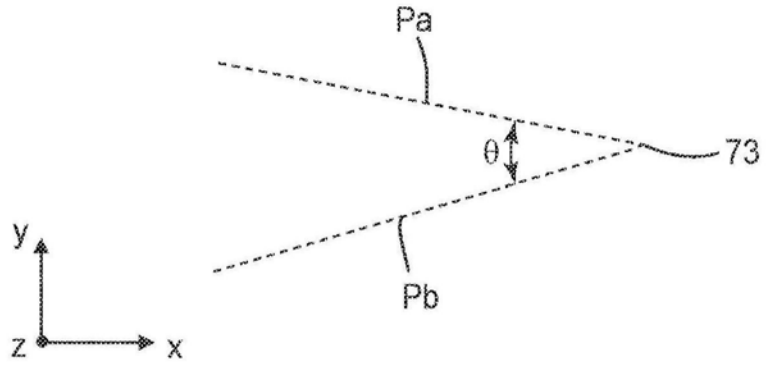

Pa
θ
73
Pb
y
z
x

图7C

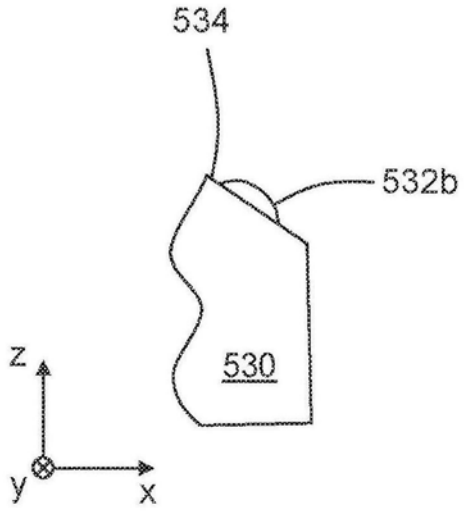

534
532b
530
z
y
x

图8

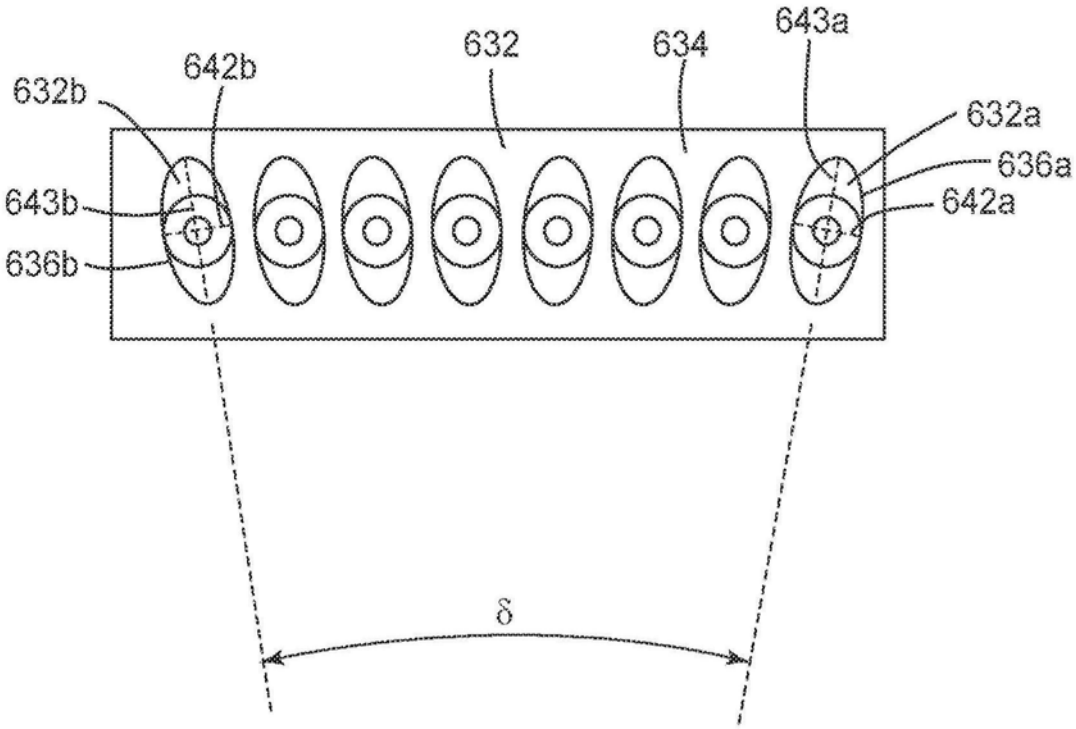

632b
642b
632
634
643a
632a
636a
642a
643b
636b
δ

图9

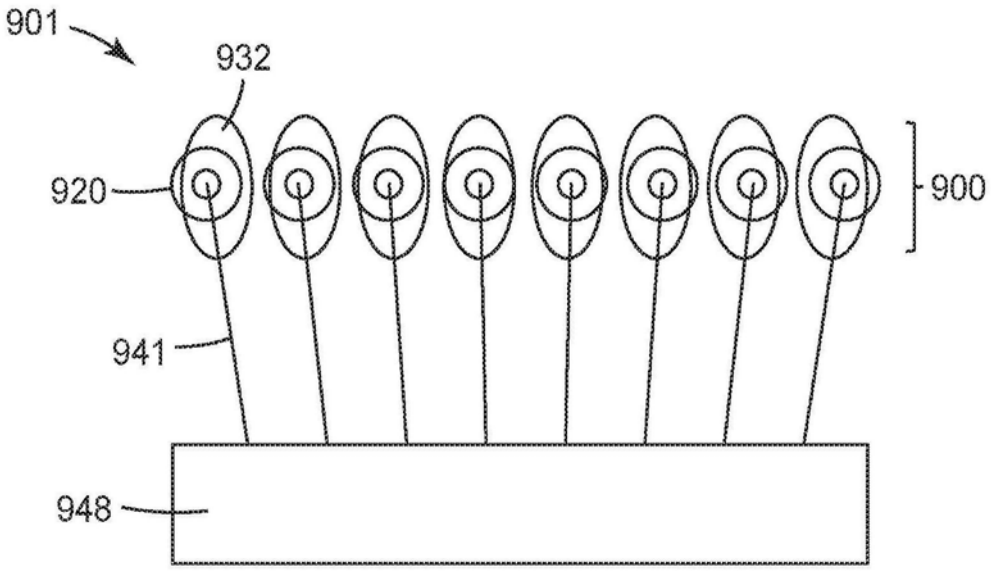


图10

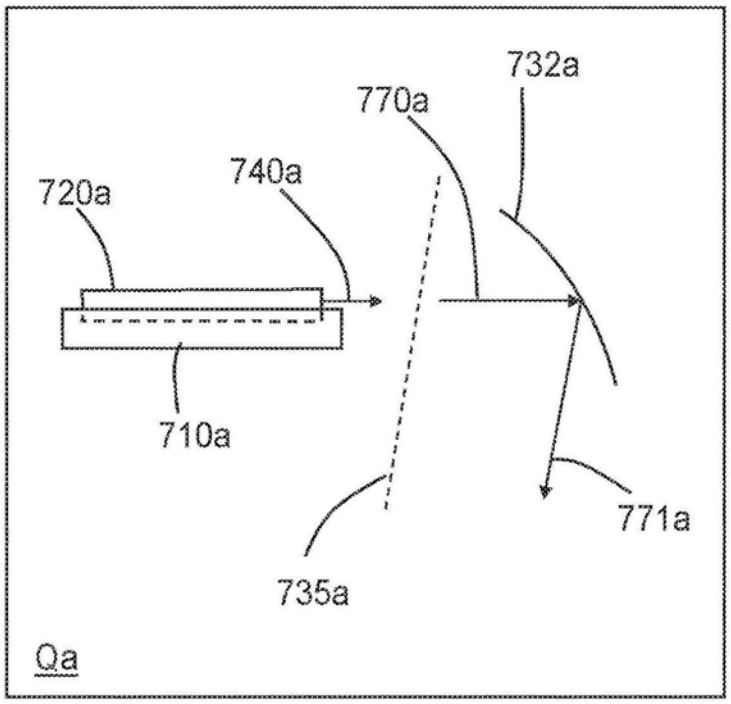


图11A

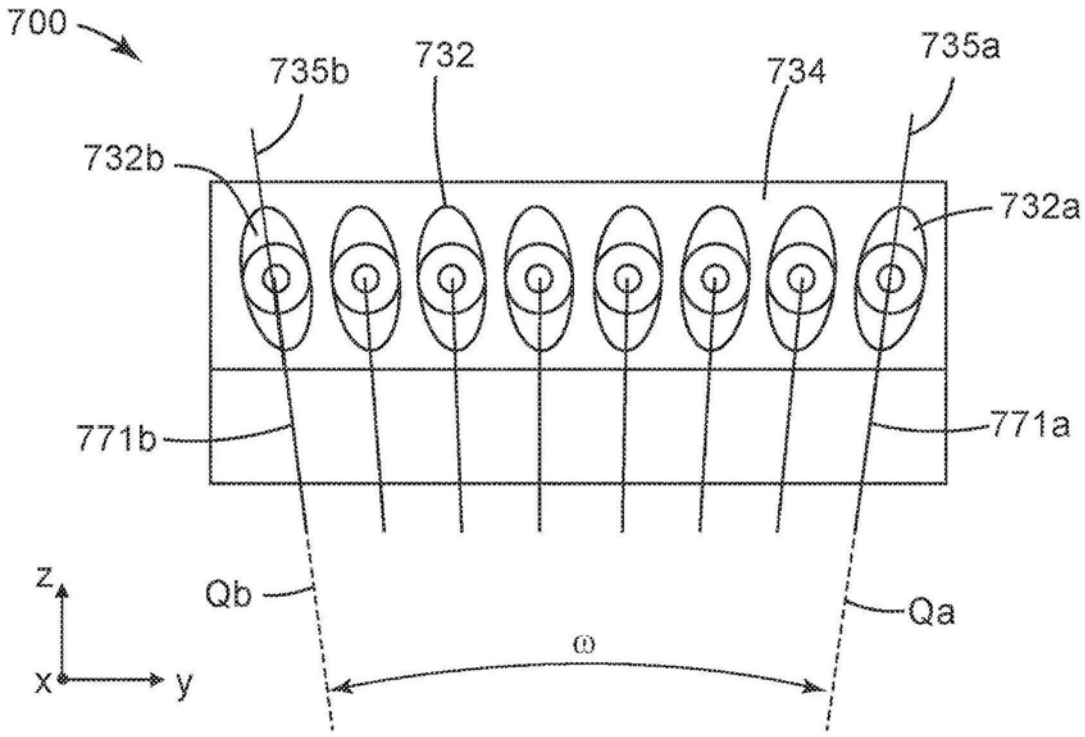

700
735b
732
734
735a
732b
732a
771b
771a
z
Qb
Qa
x
y
ω

图11B

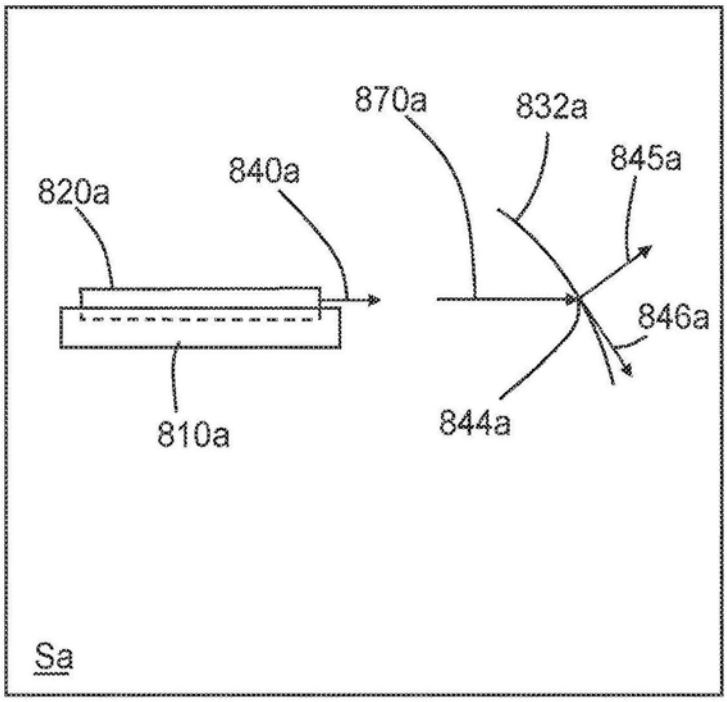

870a
832a
845a
840a
820a
846a
844a
810a
Sa

图12A

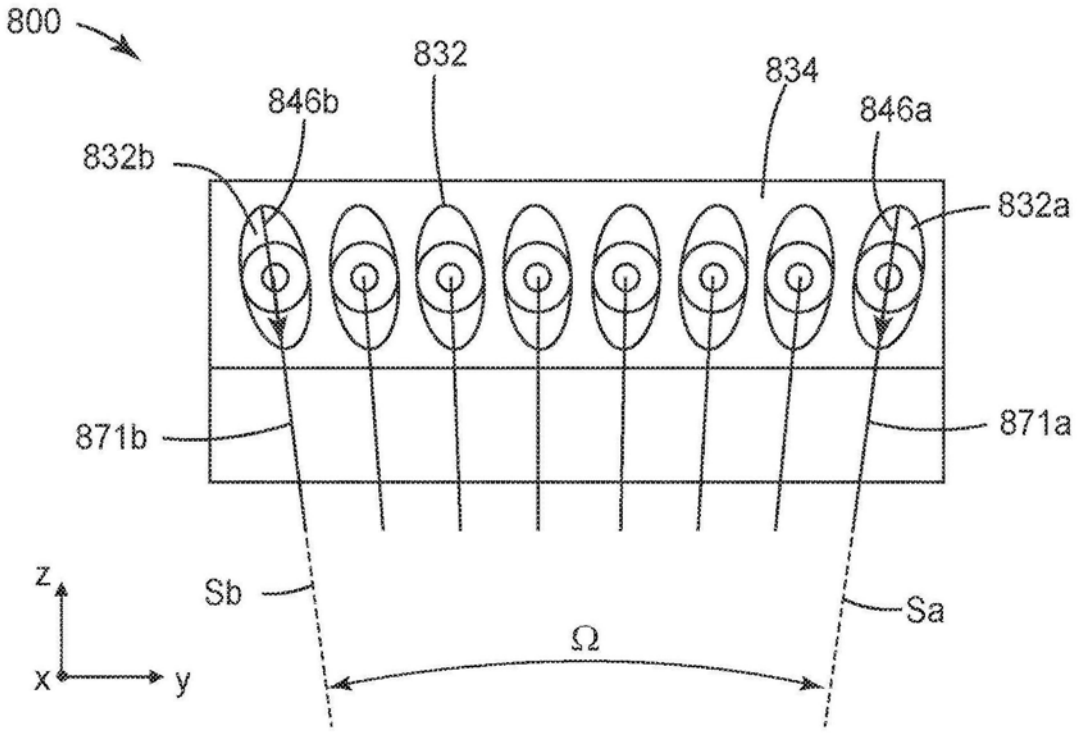


图12B