



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113210854 B

(45) 授权公告日 2025.04.01

(21) 申请号 202110500651.7

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

(22) 申请日 2016.06.20

公司 11021

(65) 同一申请的已公布的文献号

专利代理人 张启程

申请公布号 CN 113210854 A

(51) Int.CI.

(43) 申请公布日 2021.08.06

B23K 26/064 (2014.01)

(30) 优先权数据

B23K 26/082 (2014.01)

62/182,211 2015.06.19 US

B23K 26/03 (2006.01)

62/294,731 2016.02.12 US

B23K 26/24 (2014.01)

B23K 26/142 (2014.01)

(62) 分案原申请数据

(56) 对比文件

201680036032.4 2016.06.20

JP H08192286 A, 1996.07.30

(73) 专利权人 IPG光子公司

JP 2012024808 A, 2012.02.09

地址 美国马萨诸塞州

审查员 彭绍

(72) 发明人 尤里·格拉普夫 克里斯·普鲁恩

权利要求书2页 说明书8页 附图16页

菲利克斯·斯图卡林

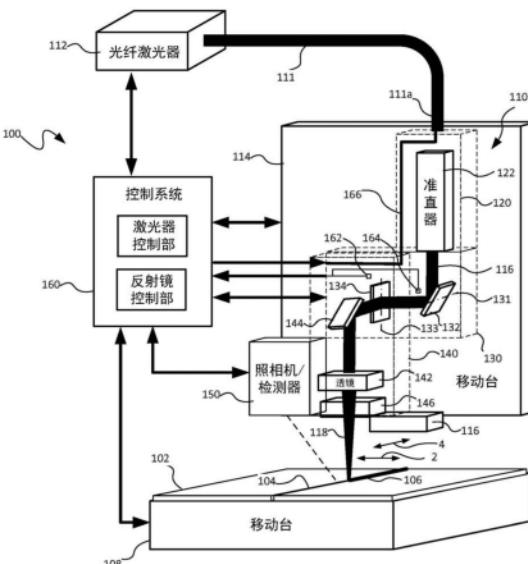
埃里克·辛里希森

(54) 发明名称

具有提供光束移动功能的双可移动反射镜的激光焊接头

(57) 摘要

一种具有可移动反射镜的激光焊接头可以用于例如利用摆动图案和/或接缝查找/追踪和跟随功能来执行焊接操作。可移动反射镜在例如由1°至2°的扫描角度限定的相对较小的视场内提供一个或多个光束的摆动功能。可移动反射镜可以是检流计反射镜，该反射镜能够由包括检流计控制器的控制系统来控制。激光焊接头还可以包括衍射光学元件，用以对正在移动的一个光束或多个光束进行整形。控制系统还可以用于控制光纤激光器，例如响应光束相对于工件的位置和/或感测到的焊接头中的状态（例如靠近其中一个反射镜的热状态）来控制光纤激光器。



1. 一种激光焊接方法,包括:

从激光器产生原始激光束;

在焊接头中准直所述原始激光束;

将经准直的激光束从所述焊接头中的至少第一可移动反射镜和第二可移动反射镜反射,并且根据仅在由约1°至2°的扫描角度限定的有限视场内在第一轴线和第二轴线上的摆动图案移动所述至少第一可移动反射镜和第二可移动反射镜以使所述光束相对于工件移动;和

将移动的光束聚焦在所述工件上进行焊接。

2. 根据权利要求1所述的激光焊接方法,还包括:在用所述第一可移动反射镜和第二可移动反射镜移动所述光束的同时,将所述激光焊接头和所述工件中的至少一个相对于彼此移动。

3. 根据权利要求1所述的激光焊接方法,还包括:控制所述至少第一可移动反射镜和第二可移动反射镜的移动,使得所述光束在焊接期间在所述工件上以所述摆动图案的方式移动。

4. 根据权利要求1所述的激光焊接方法,其中,所述工件的被焊接的至少一部分是铝。

5. 根据权利要求1所述的激光焊接方法,其中,产生所述激光束包括从镱光纤激光器产生处于近红外光谱范围内的激光束。

6. 根据权利要求1所述的激光焊接方法,其中,产生所述激光束包括从具有有源光纤的光纤激光器产生激光束,所述有源光纤选自由掺杂有铒、钍、钬及其组合的光纤所构成的组。

7. 根据权利要求1所述的激光焊接方法,还包括:控制所述至少第一可移动反射镜和第二可移动反射镜的移动,以使得所述光束跟随着待焊接的接缝。

8. 根据权利要求7所述的激光焊接方法,还包括:在接缝之前检测所述待焊接的接缝的位置,并且其中,响应于所述待焊接的接缝的检测到的位置,控制该移动以调节所述光束的定位。

9. 根据权利要求8所述的激光焊接方法,还包括:控制所述第一可移动反射镜和第二可移动反射镜中的至少一个的移动,使得所述光束在所述待焊接的接缝上以所述摆动图案的方式移动。

10. 根据权利要求1所述的激光焊接方法,还包括:对所述经准直的光束进行整形。

11. 根据权利要求10所述的激光焊接方法,其中,对所述经准直的光束进行整形包括:使所述经准直的激光束通过衍射光学元件。

12. 根据权利要求1所述的激光焊接方法,还包括:响应于所述光束的移动和/或定位来调节激光功率。

13. 根据权利要求1所述的激光焊接方法,还包括:使所述激光器响应于感测到靠近所述第一可移动反射镜和第二可移动反射镜中的至少一个的状态而关闭。

14. 根据权利要求13所述的激光焊接方法,其中,所述感测到的状态是热状态。

15. 根据权利要求1所述的激光焊接方法,还包括:将气体从安装在所述激光焊接头上的气体辅助附件输送到焊接点。

16. 根据权利要求1所述的激光焊接方法,其特征在于,所述摆动图案选自由圆形图案、

8字形图案、之字形图案和波状图案构成的组。

17. 一种激光焊接方法，包括：

提供用于产生原始激光束的激光器；

提供激光焊接头，所述激光焊接头用于：在激光焊接头中准直所述原始激光束，在有限视场内以摆动图案的方式相对于工件移动所述经准直的激光束，以及在所述光束以摆动图案的方式移动时将移动的光束聚焦在所述工件上，所述激光焊接头配置有至少第一可移动反射镜和第二可移动反射镜，所述至少第一可移动反射镜和第二可移动反射镜构造成根据仅在由约 1° 至 2° 的扫描角度限定的有限视场内在第一轴线和第二轴线上的摆动图案移动所述光束；和

提供至少一个移动台，所述至少一个移动台用于在以摆动图案的方式在所述工件上移动所述光束的同时，将所述激光焊接头和所述工件中的至少一个相对于彼此移动。

具有提供光束移动功能的双可移动反射镜的激光焊接头

[0001] 本申请为专利申请案(国际申请日2016年6月20日,申请号201680036032.4,发明名称为“具有提供光束移动功能的双可移动反射镜的激光焊接头”的分案申请。

[0002] 相关申请的交叉引用

[0003] 本申请要求于2015年6月19日提交的美国临时专利申请No.62/182,211以及于2016年2月12日提交的美国临时专利申请No.62/294,731的权益,这两个美国临时专利申请的全部内容通过引用的方式并入本文中。

技术领域

[0004] 本发明涉及激光焊接,更具体地涉及具有提供光束移动功能的双可移动反射镜的激光焊接头以及使用该激光焊接头的激光焊接系统和方法。

背景技术

[0005] 诸如光纤激光器等激光器经常用于诸如焊接等材料加工应用。传统的激光焊接头包括:准直器,其用于将激光准直;以及聚焦透镜,其用于将激光聚焦到待焊接的目标区域。光束可以以各种图案移动,以便(例如使用搅拌焊接技术)沿着接缝焊接两个结构。一种移动光束以进行搅拌焊接的方法是使用旋转棱镜光学器件旋转光束,以形成旋转的或螺旋形图案。另一种移动光束以进行焊接的方式是在X-Y平台上枢转或移动整个焊接头,以形成之字形图案。这些移动光束以执行焊接图案的传统方法不允许光束的快速和精确移动。

发明内容

[0006] 根据一个实施例,一种激光焊接头包括:准直器,其构造成联接到光纤激光器的输出光纤;以及至少第一可移动反射镜和第二可移动反射镜,其构造成接收来自所述准直器的准直激光束并且仅在由约1°至2°的扫描角度限定的有限视场内在第一轴线和第二轴线上移动激光束。所述激光焊接头还包括:聚焦透镜,其构造成在所述激光束移动的同时将所述激光束相对于工件聚焦。

[0007] 根据另一个实施例,一种激光焊接头包括:准直器,其构造成联接到光纤激光器的输出光纤;至少第一可移动反射镜和第二可移动反射镜,其构造成接收来自所述准直器的准直激光束并在第一轴线和第二轴线上移动激光束;以及至少第一热传感器和第二热传感器,其分别靠近所述第一可移动反射镜和第二可移动反射镜并构造成检测热状态。所述激光焊接头还包括:聚焦透镜,其构造成将所述激光束聚焦。

[0008] 根据另一个实施例,一种激光焊接头包括:准直器模块,其包括准直器,所述准直器构造成联接到光纤激光器的输出光纤;以及摆动器模块,其联接到所述准直器模块。所述摆动器模块包括:至少第一可移动反射镜和第二可移动反射镜,其构造成接收来自所述准直器的准直激光束并在第一轴线和第二轴线上移动激光束。所述激光焊接头还包括:核心块模块,其联接到所述摆动器模块。所述核心块模块至少包括聚焦透镜,所述聚焦透镜构造成将所述激光束聚焦。

[0009] 根据另一个实施例，一种激光焊接系统包括：光纤激光器，其包括输出光纤；以及焊接头，其联接到所述光纤激光器的输出光纤。所述焊接头包括：准直器，其构造成联接到光纤激光器的输出光纤；至少第一可移动反射镜和第二可移动反射镜，其构造成接收来自所述准直器的准直激光束并在第一轴线和第二轴线上移动激光束；以及聚焦透镜，其构造成将所述激光束聚焦。所述激光焊接系统还包括：控制系统，其用于控制至少所述光纤激光器以及所述反射镜的位置。

[0010] 根据另一个实施例，一种激光焊接头包括：准直器，其构造成联接到光纤激光器的输出光纤；至少第一可移动反射镜和第二可移动反射镜，其构造成接收来自所述准直器的准直激光束并在第一轴线和第二轴线上移动激光束；以及聚焦透镜，其构造成将所述激光束聚焦。所述激光焊接头还包括：气体辅助附件和气刀附件中的至少一者，其靠近所述聚焦透镜以辅助焊接。

[0011] 根据另一个实施例，一种激光焊接头包括：准直器，其构造成联接到光纤激光器的输出光纤；至少一个衍射光学元件，其构造成接收来自所述准直器的准直激光束并对所述准直激光束进行整形；以及至少第一可移动反射镜和第二可移动反射镜，其构造成从所述衍射光学元件接收整形激光束并在第一轴线和第二轴线上移动整形激光束。所述激光焊接头还包括：聚焦透镜，其构造成在激光束移动的同时将所述激光束相对于工件聚焦。

附图说明

[0012] 通过结合附图阅读下面的详细描述，将会更好地理解这些和其它特征及优点，其中：

[0013] 图1是根据本发明的实施例的系统的示意性框图，该系统包括具有双可移动反射镜的激光焊接头。

[0014] 图1A是根据本发明的实施例的聚焦激光束的示意图，该聚焦激光束具有由双反射镜提供的相对较小的移动范围，以便于接缝查找和/或摆动。

[0015] 图2A至图2D是根据本发明的实施例的示出不同的摆动图案的示意图，这些摆动图案能够由包括用于光束移动的双反射镜的焊接头产生。

[0016] 图3A是根据本发明的实施例的焊接工件的显微照片，该焊接工件具有焊缝，该焊缝由使用具有8字形摆动图案的搅拌焊接功能的激光器形成。

[0017] 图3B是图3A所示的焊接工件和焊缝的剖面的显微照片。

[0018] 图3C是具有焊缝的焊接工件的显微照片，该焊缝由无摆动图案的激光形成。

[0019] 图3D是图3C中所示的焊接工件和焊缝的剖面的显微照片。

[0020] 图4是根据本发明的实施例的激光焊接头的分解图，该激光焊接头具有用于光束移动的双可移动反射镜。

[0021] 图5和图6是在图4所示的激光焊接头中使用的准直器模块的透视图。

[0022] 图7是在图4所示的激光焊接头中使用的摆动器模块的透视图。

[0023] 图8是在图4所示的激光焊接头中使用的摆动器模块的分解图。

[0024] 图9是在图4所示的激光焊接头中使用的摆动器模块的局部剖视侧视图。

[0025] 图10是摆动器模块内部的透视图，该摆动器模块具有水冷限制孔和热传感器。

[0026] 图11是核心块模块的分解图，该核心块模块包括在图4所示的激光焊接头中使用

的聚焦与窗口壳体。

[0027] 图12是聚焦与窗口壳体的分解图,该壳体具有在图4所示的激光焊接头中使用的保护窗。

[0028] 图13和图14是图4所示的激光焊接头的透视图,其中,准直器模块、摆动器模块和核心块模块组装在一起并发射聚焦光束。

[0029] 图15是图13和图14所示的激光焊接头内的光路的示意图。

[0030] 图16是根据本发明的实施例的激光焊接头的示意性框图,该激光焊接头具有双可移动反射镜和衍射光学器件。

[0031] 图17A和图17B分别示出了由衍射光学器件产生的圆形光斑和整形后的矩形光斑。

[0032] 图17C示出了由光束整形光学器件产生的圆环形光斑。

[0033] 图18A至图18C示出了由不同的衍射光学器件产生的不同尺寸的矩形光斑。

[0034] 图19示出了根据本发明的实施例的光斑的图案,该图案由联接到激光焊接头的多光束光纤激光器产生。

[0035] 图20示出了根据本发明的实施例的整形后的光斑的图案,该图案由联接到包括衍射光学器件的激光焊接头的多光束光纤激光器产生。

具体实施方式

[0036] 根据本发明的实施例的具有可移动反射镜的激光焊接头可以用于例如利用摆动图案和/或接缝查找/追踪和跟随功能来执行焊接操作。可移动反射镜在例如由 1° 至 2° 的扫描角度限定的相对较小的视场内提供一个或多个光束的摆动移动功能。可移动反射镜可以是检流计反射镜,该反射将可以由包括检流计控制器的控制系统来控制。激光焊接头还可以包括衍射光学元件,用以对正在移动的一个或多个光束进行整形。控制系统还可以用于控制光纤激光器,例如响应光束相对于工件的位置和/或感测到的焊接头中的状态(例如靠近其中一个反射镜的热状态)来控制光纤激光器。

[0037] 参考图1,激光焊接系统100包括激光焊接头110,该激光焊接头(例如利用连接器111a)联接到光纤激光器112的输出光纤111。激光焊接头110可用于在工件102上执行焊接,例如,通过焊接接缝104以形成焊缝106。激光焊接头110和/或工件102可以沿着接缝104的方向相对于彼此移动。激光焊接头110可以位于移动台114上,以便沿着至少一个轴线(例如沿着接缝104的长度)相对于工件102移动焊接头110。附加地或替代地,工件102可以位于移动台108上,以便相对于激光焊接头110移动工件102。

[0038] 光纤激光器112可以包括镜光纤激光器,该激光器能够产生处于近红外光谱范围(例如1060至1080nm)内的激光。镜光纤激光器可以是单模式或多模式连续波镜光纤激光器;在一些实施例中,该激光器能够产生功率高达1kW的激光束;在其它实施例中,该激光器能够产生更高达50kW的激光束。光纤激光器112的实例包括能够从IPG光子公司购得的YLR SM系列或YLR HP系列激光器。光纤激光器112还可以包括多光束光纤激光器,例如2015年8月13日提交的、发明名称为“Multibeam Fiber Laser System(多光束光纤激光器系统)”的国际申请No.PCT/US2015/45037中公开的类型,该类型的激光器能够通过多根光纤选择性地传输一个或多个激光束。

[0039] 激光焊接头110总体上包括:准直器122,其用于将来自输出光纤111的激光束准

直；至少第一可移动反射镜132和第二可移动反射镜134，其用于反射和移动准直光束116；以及聚焦透镜142，其用于聚焦并且将聚焦光束118传输到工件102。在图中所示的实施例中，还使用固定反射镜144将准直激光束116从第二可移动反射镜134引导至聚焦透镜142。准直器122、可移动反射镜132和134以及聚焦透镜142和固定反射镜144可以设置在独立的模块120、130、140中，这些可以联接在一起，稍后详述。例如，如果反射镜132和134被布置为将光从第二反射镜134朝聚焦透镜142反射，则激光焊接头110也可以被构造为不具有固定反射镜144。

[0040] 可移动反射镜132和134可以围绕不同的轴线131和133枢转，以使得准直光束116移动，并因此使得聚焦光束118在至少两个不同的垂直轴线2、4上相对于工件102移动。可移动反射镜132和134可以是检流计反射镜，该反射镜可以由能够快速反转方向的检流计马达来移动。在其它实施例中，可以使用例如步进马达等其它机构来移动反射镜。在激光焊接头110中使用可移动反射镜132和134允许激光束118精确地、可控地且快速地移动，而不必移动整个焊接头110并且不必使用旋转棱镜，以便于接缝查找和跟随和/或光束摆动。

[0041] 在焊接头110的实施例中，如图1A所示，可移动反射镜132和134在小于 10° 并且更具体地在约 1° 至 2° 的扫描角度 α 内枢转光束118，由此仅在相对较小的视场（例如小于 $30 \times 30\text{mm}$ ）内移动光束118，从而允许光束摆动。相反地，传统的激光扫描头通常在更大的视场（例如大于 $50 \times 50\text{mm}$ 甚至大到 $250 \times 250\text{mm}$ ）内提供激光束的移动功能，并且被设计成适应更大的视场和扫描角度。因此，在激光焊接头110中使用可移动反射镜132和134仅提供相对较小的视场是违反直觉的，并且与使用检流计扫描仪时提供更宽的视场的传统观点相反。当在焊接头110中使用检流计反射镜时（例如，通过实现更快的速度、允许与诸如透镜等较便宜的部件一起使用、以及通过允许与诸如气刀和/或气体辅助附件等一起使用），限制视场和扫描角度提供了许多优点。

[0042] 在焊接头110的示例性实施例中，由于视场和扫描角度较小，所以第二反射镜134可以具有与第一反射镜132大致相同的尺寸。相反地，传统的检流计扫描仪通常使用较大的第二反射镜，以提供较大的视场和扫描角度，并且较大的第二反射镜可以限制至少一个轴线上的移动速度。因此，与传统的检流计扫描仪中提供大扫描角度的较大反射镜相比，焊接头110中的较小尺寸的第二反射镜134（例如，与第一反射镜132的尺寸大致相同）使得反射镜134能够以更快的速度移动。

[0043] 聚焦透镜142可以包括已知的用于激光焊接头的聚焦透镜并且具有各种焦距，焦距的范围例如是从 100mm 至 1000mm 。传统的激光扫描头使用多元件扫描透镜，例如Fθ透镜、平场透镜或远心透镜，这些透镜具有更大直径（例如，用于 33mm 直径光束的 300mm 直径的透镜）以便在较大的视场内将光束聚焦。因为可移动反射镜132和134在相对较小的视场内移动光束，所以不需要也不使用较大的多元件扫描透镜（例如Fθ透镜）。在根据本发明的焊接头110的一个实施例中，可以使用 50mm 直径的平凸F300聚焦透镜来将用于在约 $15 \times 5\text{mm}$ 的视场内移动的直径约 40mm 的光束聚焦。使用较小的聚焦透镜142还允许在焊接头110的端部使用附件，例如气刀和/或气体辅助附件。传统的激光扫描头所需的较大的扫描透镜限制了这些附件的使用。

[0044] 诸如分束器等其它光学器件也可以用在激光焊接头110中，用以分离激光束，以便（例如在焊缝的两侧）提供用于焊接的至少两个光斑。附加的光学器件还可以包括衍射光学

器件，并且可以定位在准直器122和反射镜132、134之间，稍后详述。

[0045] 保护窗146可以设置在透镜142的前面，以保护透镜和其它光学器件免受由焊接处理产生的碎屑的影响。激光焊接头110还可以包括焊头附件116，例如：气刀，其用于提供穿过保护窗146或聚焦透镜142的高速气流以移除碎屑；和/或气体辅助附件，其用于将保护气体同轴地或离轴地传输到焊接点以抑制焊接羽流。因此，具有可移动反射镜的激光焊接头110能够与现有的焊接头附件一起使用。

[0046] 图中所示的激光焊接系统100的实施例还包括检测器150，例如照相机，用以例如在光束118前方的位置处检测和定位接缝104。虽然示意性地示出了照相机/检测器150在焊接头110的一侧，但照相机/检测器150可以被引导穿过焊接头110以检测和定位接缝104。

[0047] 图中所示的激光焊接系统100的实施例还包括控制系统160，用以例如响应感测到的焊接头110中的状态、检测到的接缝104的位置和/或激光束118的移动和/或位置来控制光纤激光器112、可移动反射镜132、134和/或移动台108、114的定位。激光焊接头110可以包括传感器，例如第一热传感器162和第二热传感器164，这些传感器靠近相应的第一可移动反射镜132和第二可移动反射镜134以感测热状态。控制系统160电连接到传感器162和164以便接收数据，以监测可移动反射镜132和134附近的热状态。控制系统160还可以通过接收来自相机/检测器150的数据（例如表示检测到的接缝104的位置的数据）来监测焊接操作。

[0048] 控制系统160可以例如通过关闭激光器、改变激光器参数（例如激光功率）或者调节任何其它可调节的激光器参数来控制光纤激光器112。控制系统160可以响应感测到的激光焊接头110中的状态而关闭光纤激光器112。所感测到的状态可以是由传感器162和164中的一个或两个传感器感测到的热状态以及由高功率激光引起的导致高温的反射镜故障或其它状态的征兆。

[0049] 控制系统160可以通过触发安全联锁（safty interlock）而关闭光纤激光器112。安全联锁设置在输出光纤111和准直器122之间，使得当输出光纤111与准直器122断开时，安全联锁状态被触发并且激光器关闭。在图中所示的实施例中，激光焊接头110包括联锁路径166，该联锁路径将安全联锁特征延伸到可移动反射镜132和134。联锁路径166在输出光纤111和控制系统160之间延伸，以允许控制系统160响应在激光焊接头110中检测到的潜在危险状态而触发安全联锁状态。在本实施例中，控制系统160可以响应由一个或两个传感器162、164检测到的预定热状态而使得安全联锁状态经由联锁路径166被触发。

[0050] 控制系统160也可以响应光束118的移动或位置来控制激光器参数（例如激光功率），而无需关闭激光器112。如果可移动反射镜132和134中的一个反射镜使光束118移动得超出范围或者太慢，则控制系统160可以减小激光功率，以便动态地控制光斑的能量，以避免由激光造成的破坏。控制系统160还可以控制多光束光纤激光器中的激光束的选择。

[0051] 控制系统160也可以响应由照相机/检测器150检测到的接缝104的位置来控制可移动反射镜132和134的定位，例如，校正聚焦光束118的位置以查找、追踪和/或跟随接缝104。控制系统160可以通过使用来自照相机/检测器150的数据来识别接缝104的位置，由此查找接缝104，然后移动反射镜132和134中的一个或两个反射镜，直到光束118与接缝104重合。当光束118沿着接缝移动以执行焊接时，控制系统160可以通过移动反射镜132和134中的一个或两个反射镜来连续地调节或校正光束118的位置，使得光束与接缝104重合，从而跟随接缝104。控制系统160还可以控制可移动反射镜132和134中的一个或两个反射镜，以

便在焊接期间提供摆动功能，稍后详述。

[0052] 因此，控制系统160包括一起工作的激光控制部和反射镜控制，用以一起控制激光器和反射镜。控制系统160可以包括例如已知的用于控制光纤激光器和检流计反射镜的硬件(例如通用计算机)和软件。例如，可以使用现有的检流计控制软件，并且对该软件进行修改以允许如本文所述地控制检流计反射镜。

[0053] 图2A至图2D示出了可以用于执行接缝204的搅拌焊接的摆动图案的实例。如本文中使用的，“摆动”是指激光束(例如在两个轴线上)并且在由小于10°的扫描角度限定的相对较小的视场内的往复移动。图2A和图2B分别示出了沿着接缝204依次形成的圆形图案和8字形图案。图2C和图2D分别示出了沿着接缝204形成的之字形图案和波状图案。虽然示出了某些摆动图案，但其它摆动图案也在本发明的范围内。在激光焊接头110中使用可移动反射镜的一个优点是能够根据各种不同的摆动图案来移动光束。

[0054] 图3A至图3D示出了由8字形摆动图案(图3A和图3B)与传统的未加操纵的光束(图3C和图3D)所形成的焊缝的比较结果。在一个实例中(图3A和图3B)，利用如下光斑将两片铝6061-T6合金焊接起来：该光斑的直径为2mm，以90°的8字形图案移动，以300Hz的频率摆动，功率为2.75kW，速度为3.5m/min，并且间隙为0.012英寸。在另一个实例中(图3C和图3D)，利用如下光斑将两片铝6061-T6合金焊接起来：该光斑不摆动，功率为2.0kW，速度为3.5m/min，并且间隙为0.012英寸。如图所示，与未加操作的光束相比，利用了8字形摆动的表面上的焊接质量得到改善。特别地，与图3C相比，如图3A所示，焊接部的均匀性得到改善。图3B中的剖面也显示出(与图3D相比)焊接处的面积减少量更小，这是由于8字形摆动图案更有效地桥接接缝204的间隙。本文描述的激光焊接系统和方法也可用于改善与通常难以焊接的材料(例如钛)的焊接。

[0055] 图4至图15更详细地示出了激光焊接头410的实施例。虽然示出了一个具体的实施例，但本文描述的激光焊接头以及系统和方法的其它实施例也在本发明的范围内。如图4所示，激光焊接头410包括准直器模块420、摆动器模块430和核心块模块440。摆动器模块430包括以上论述的第一可移动反射镜和第二可移动反射镜，并且联接在准直器模块420和核心块模块440之间。

[0056] 图5和图6更详细地示出了准直器模块420。如图5所示，准直器模块420的输入端421构造成联接到输出光纤连接器并包括光纤联锁连接器425，该光纤联锁连接器连接到输出光纤连接器(未示出)以提供当输出光纤断开时的安全联锁。如图6所示，准直器模块420的输出端423构造成联接到摆动器模块430(参见图4)并包括光纤联锁连接器427，以使安全联锁路径延伸到摆动器模块430中。准直器模块420可以包括准直器(未示出)，该准直器具有一对固定的准直透镜，该准直透镜例如是已知的用于激光焊接头的类型。在其它实施例中，准直器可以包括其它透镜构造，例如可移动的透镜，这些透镜能够调节光斑的尺寸和/或焦点。

[0057] 图7至图10更详细地示出了摆动器模块430。图中所示的摆动器模块430的实施例包括：输入孔431，其用于联接到准直器模块420；以及输出孔433，其用于联接到核心块模块440(参见图4)。输入孔431可以包括水冷限制孔。

[0058] 如图8所示，图中所示的摆动器模块430的实施例还包括第一检流计436和第二检流计438，用以使检流计反射镜432和434绕不同的垂直轴线移动。可以使用已知的用于激光

扫描头的检流计。检流计436和438可以包括连接部437,用以连接到检流计控制器(未示出)。检流计控制器可以包括硬件和/或软件,用以控制检流计以控制反射镜的移动并由此控制激光束的移动和/或定位。可以使用已知的检流计控制软件,并且可以对这些软件进行修改以提供本文所描述的功能,例如接缝查找、摆动图案以及与激光器通信。

[0059] 如图7所示,摆动器模块430包括光纤联锁连接器435,用以连接到准直器光纤联锁连接器427。摆动器模块430还包括检流计光纤联锁连接器437,用以连接到检流计控制器。因此,安全联锁延伸到摆动器模块430和检流计控制器。检流计控制器可以构造成例如响应感测到的摆动器模块430内的状态来触发安全联锁状态。

[0060] 如图9和图10所示,摆动器模块430包括热探针462和464,这些热探针分别靠近反射镜432和434中的每一个反射镜。热探针462和464感测摆动器模块430内的相应位置处的热状态(例如温度)并且可以经由检流计连接部437连接到检流计控制器。这样,检流计控制器可以监测热探针462和464以确定是否发生预定状态,例如指示摆动器模块430内潜在的危险状态的高温。例如,如果可移动反射镜432和434中的一个反射镜发生故障,则被引导到摆动器模块430中的高功率激光可能不能被适当地反射并且可能导致危险状态。因此,检流计控制器可以触发安全联锁,以响应危险状态而关闭激光器。热探针可以包括已知的传感器,例如陶瓷内部的双金属片。

[0061] 图11更详细地示出了核心块模块440。核心块模块440包括固定的反射镜(未示出);该反射镜将从摆动器模块430接收到的光束重新引导到聚焦透镜442,然后引导到工件。如图所示,核心块模块440包括核心块壳体441以及联接到核心块壳体441的一侧的聚焦与窗口壳体443。照相机模块(未示出)可以联接到核心块壳体441的相反侧,用以监测通过聚焦与窗口壳体443提供的视场内的聚焦光束和/或工件。

[0062] 聚焦与窗口壳体443容纳有聚焦透镜442和保护窗446。如图12所示,保护窗446可以是可移除且可更换的。聚焦与窗口壳体443还容纳有窗口状态监测电路470,该窗口状态监测电路具有例如热敏电阻472和光电二极管474等传感器,用以监测保护窗446的状态。核心块壳体441还包括:状态监测连接器475,其用于连接到聚焦与窗口壳体443中的状态监测电路470;以及焊接监视器连接器477,其用于连接到焊接头监视器(未示出)。

[0063] 图13和图14示出了组装的激光焊接头410,其中,模块420、430、440中的各个模块联接在一起并发射聚焦光束418。联接到准直器模块420中的激光束被准直,并且准直光束被引导到摆动器模块430。摆动器模块430使用反射镜来移动准直光束,并且将移动的准直光束引导到核心块模块440。然后,核心块模块440将移动的光束聚焦,并且聚焦光束418被引导到工件(未示出)。

[0064] 图15示出了联接在一起的摆动器模块430和核心块模块440内部的准直光束416的路径。如图所示,输入到摆动器模块中的准直光束416从第一检流计反射镜432反射到第二检流计反射镜434,然后从核心块模块内的固定反射镜444反射并且从核心模块输出。固定反射镜444可以是红外反射镜,以允许与用于监测光束416的照相机一起使用。

[0065] 参考图16,更详细地描述了具有可移动反射镜的激光焊接头1610和激光焊接系统的进一步的实施例。激光焊接头1610的该实施例还包括至少一个整形衍射光学元件1626,用以对光束进行整形。光束整形衍射光学元件1626位于焊接头1610中的准直器1622和可移动反射镜1632、1634之间。光束整形衍射光学元件1626对准直光束进行整形,然后,整形光

束被反射镜1632和1634如前文描述的那样移动。

[0066] 光束整形衍射光学元件1626的一个实例包括顶帽光束整形元件,该元件接收具有高斯型轮廓和圆形光斑(如图17A所示)的输入光束,并且产生具有均匀的正方形或“顶帽”轮廓的整形激光束以及矩形或正方形光斑,如图17B所示。其它光束整形衍射光学元件可以包括但不限于:衍射光束分离元件,其将输入光束转换成小射束的1维或2维阵列;环发生器元件,其将输入光束整形成环或一系列环;以及衍射涡旋透镜,其将输入光束整形为圆环形环,如图17C所示。

[0067] 因此,可以使用不同的光束整形衍射光学元件1626,由此提供不同形状和/或尺寸的光束。通过消除光束中心处的高功率集中,使圆环形光斑也可以具有更均匀的功率分布。如图18A至图18C所示,不同的衍射光学元件可以提供具有不同尺寸的矩形光束,由此能够实现用于焊接和其它应用的不同“画笔尺寸(brush size)”和分辨率。例如,对于较小的区域或期望较高分辨率的边缘周围,可以使用较小的光斑或“画笔尺寸”。

[0068] 在实施例中,光束整形衍射光学元件1626位于光束整形模块1624中,该光束整形模块例如像前文描述的那样可移除地定位在准直器模块1620和摆动器模块1630之间。因此,具有不同衍射光学器件的光束整形模块1624可以在焊接头1610中可交换地使用。光束整形模块1624还可以提供如上所述的安全联锁路径1666。

[0069] 在另一个实施例中,焊接头1610可以联接到多光束光纤激光器1612,该多光束光纤激光器能够选择性地传输多个光束。在2015年8月13日提交的发明名称为“Multibeam Fiber Laser System(多光束光纤激光器系统)”的国际申请No.PCT/US2015/45037中对多光束光纤激光器的一个实例有更详细的描述,该国际申请的全部内容以引用的方式并入本文中。多个光束可以具有不同的特性,例如不同的模式、功率、能量密度、轮廓和/或尺寸。例如,图19示出了具有不同尺寸的多个光束。多个光束可以同时被传输,或者具有不同特性的各个光束可以在不同的时间被分开地、选择性地传输,以提供不同的操作(例如加热、焊接和后处理)。例如,如图20所示,多个光束也可以由衍射光学器件1626整形,以产生多个整形的光束。这样,多个光束的形状和/或尺寸可以被改变,以便于使用多光束光纤激光器1612和/或不同的衍射光学元件1626的不同操作或应用。例如,针对一些焊接应用,可以将一个或多个光束整形成环或圆环形,以提供更均匀的功率分布。

[0070] 因此,根据本文描述的实施例的具有可移动反射镜的激光焊接头允许对用于各种焊接应用的激光束的移动、尺寸和/或形状进行更好的控制。因此,本文描述的具有可移动反射镜的激光焊接头以及焊接系统和方法的实施例可以用于形成更坚固、更平滑和更均匀的焊接部。

[0071] 尽管本文已经描述了本发明的原理,但本领域的技术人员应该理解的是,这种描述仅是示例,而不是作为对本发明的范围的限制。除了本文中示出和描述的示例性实施例之外,还可以在本发明的范围内设想其它实施例。由本领域的普通技术人员做出的修改和替换被认为落入本发明的范围之内;除了随附的权利要求书所限定的范围之外,本发明不受限制。

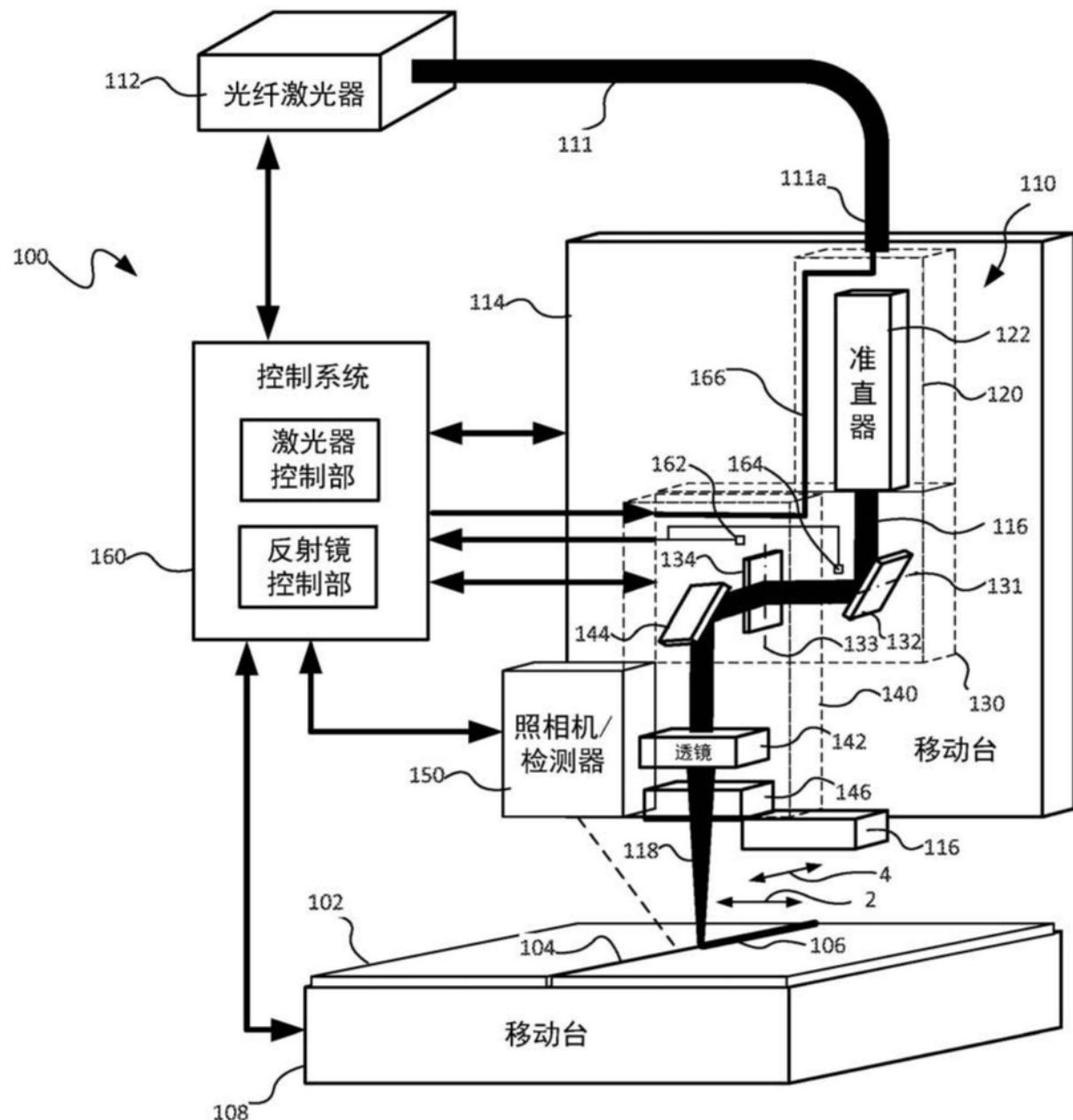


图1

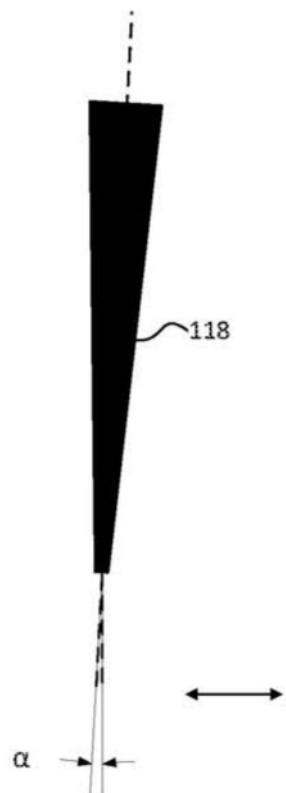


图1A

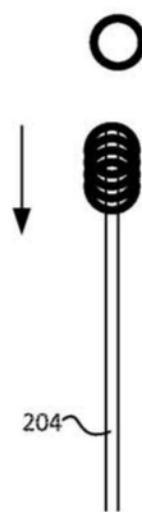


图2A

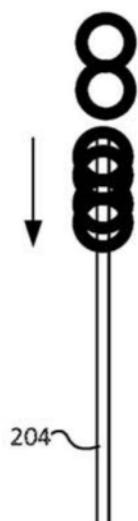


图2B



图2C

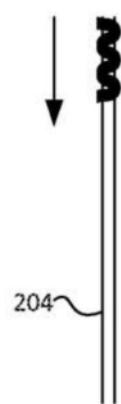


图2D

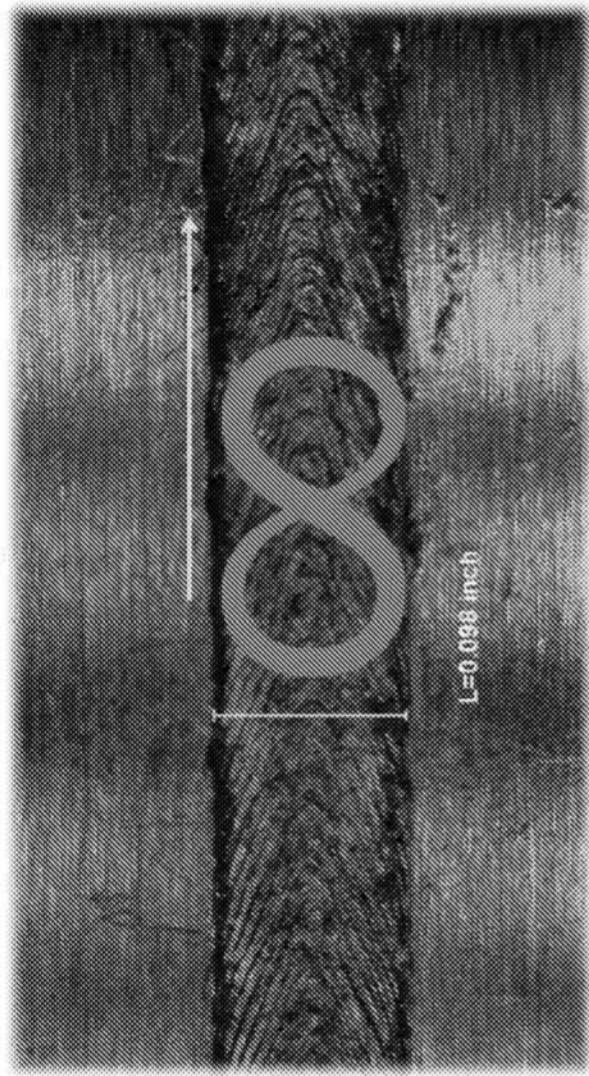


图3A

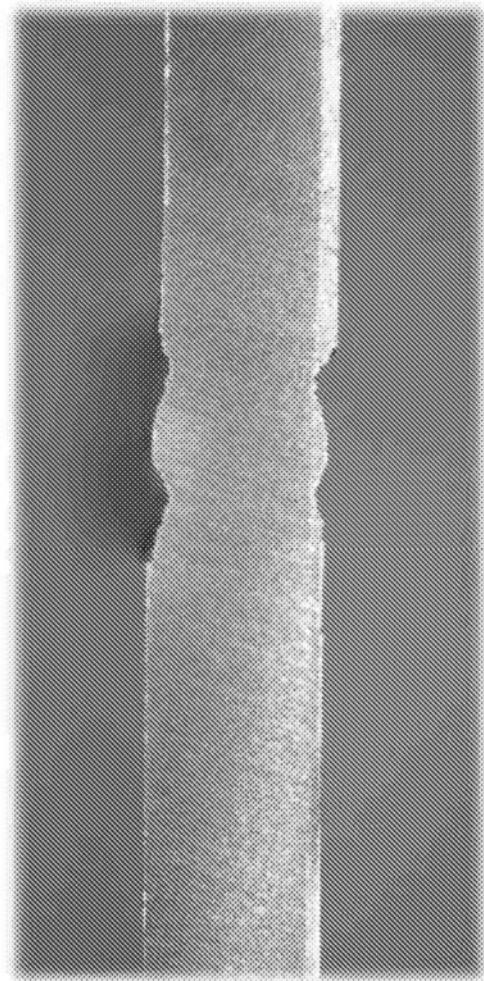


图3B

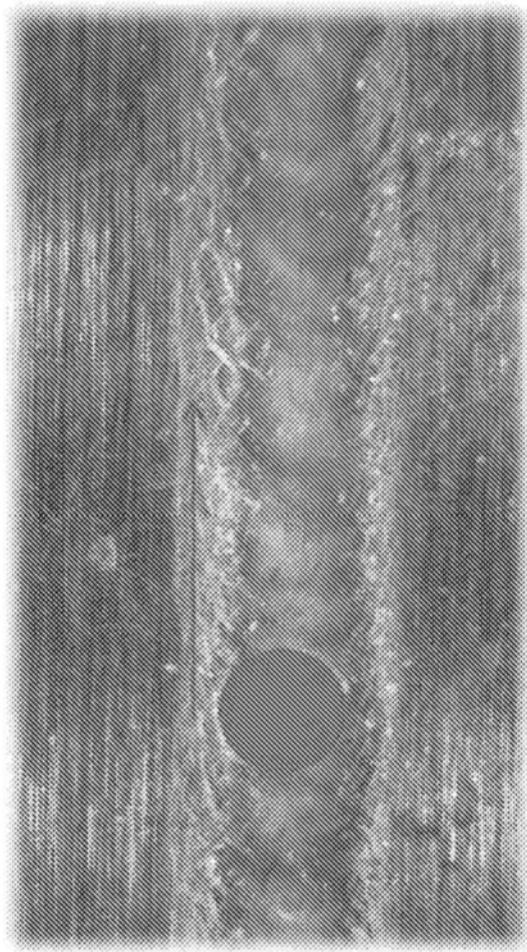


图3C

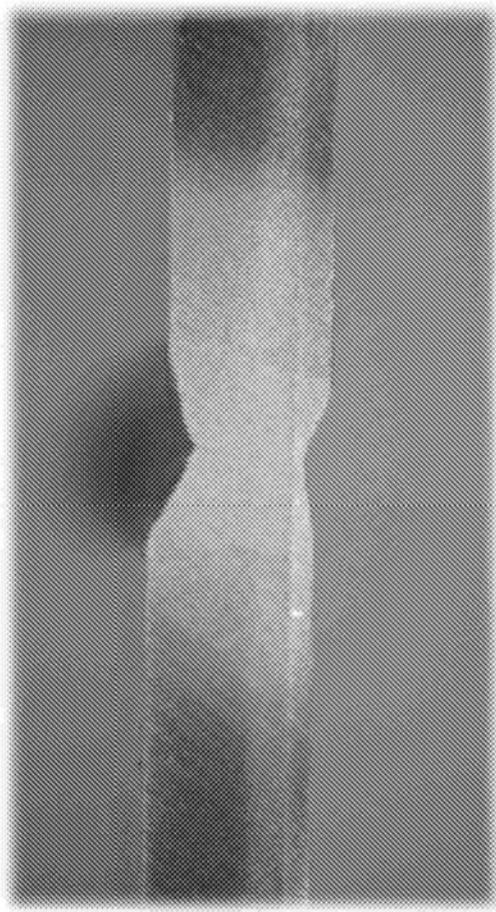


图3D

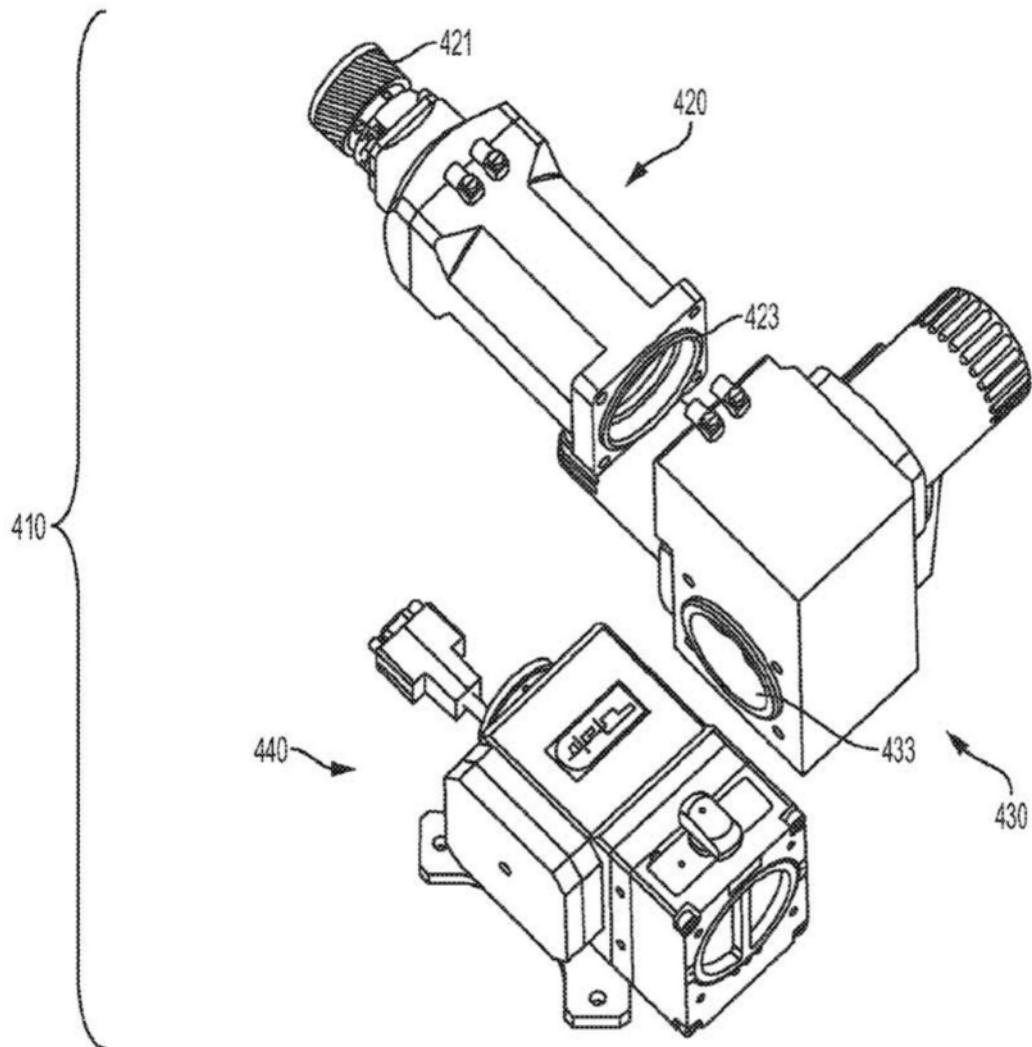


图4

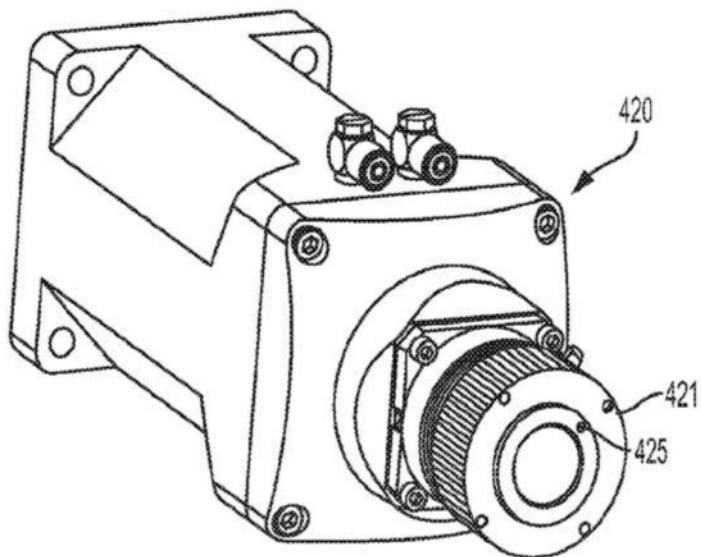


图5

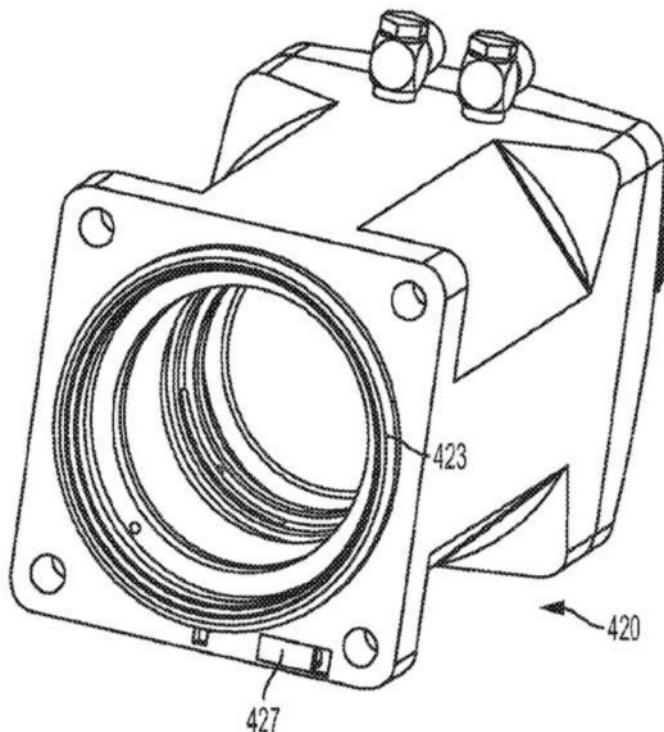


图6

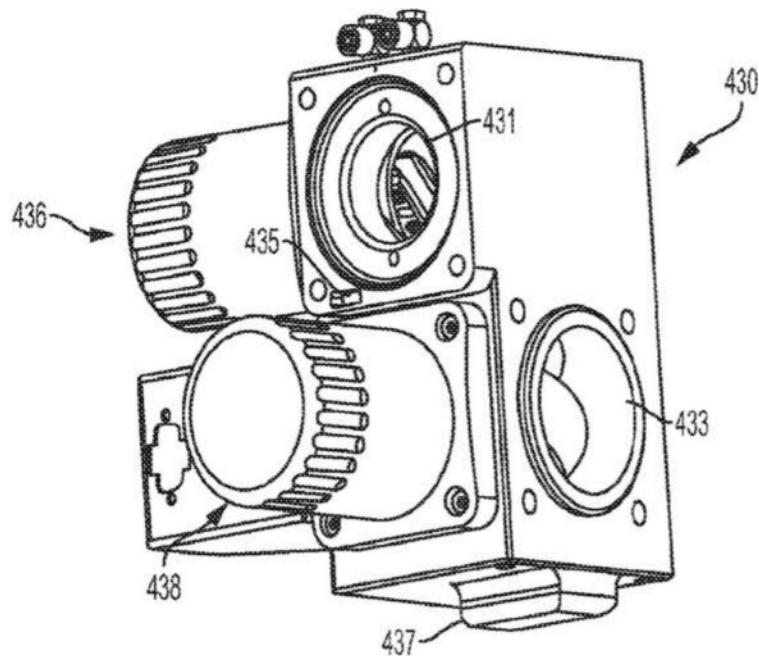


图7

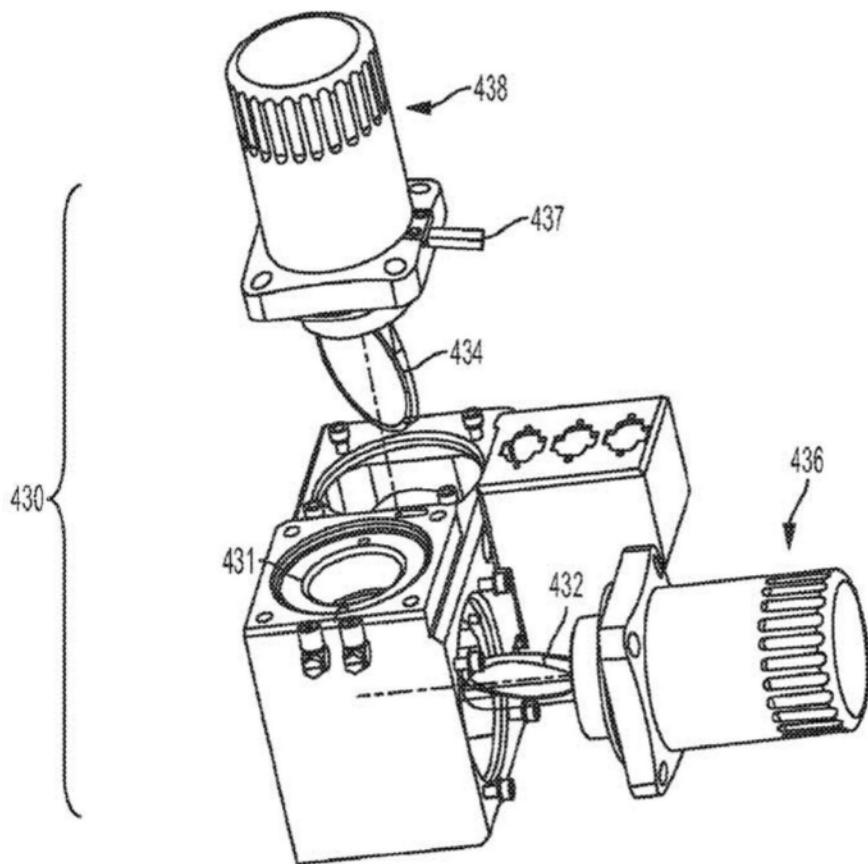


图8

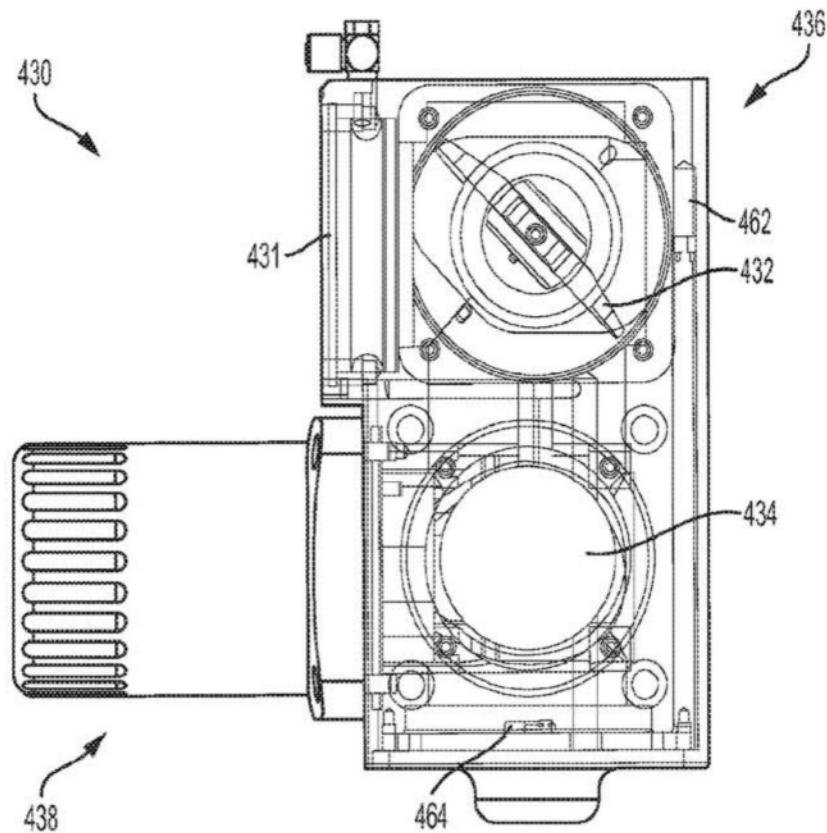


图9

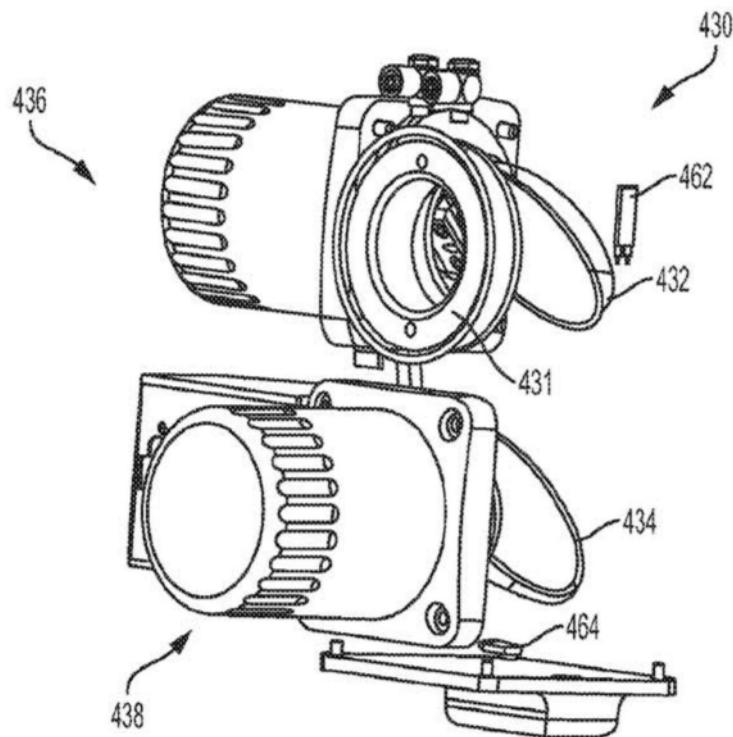


图10

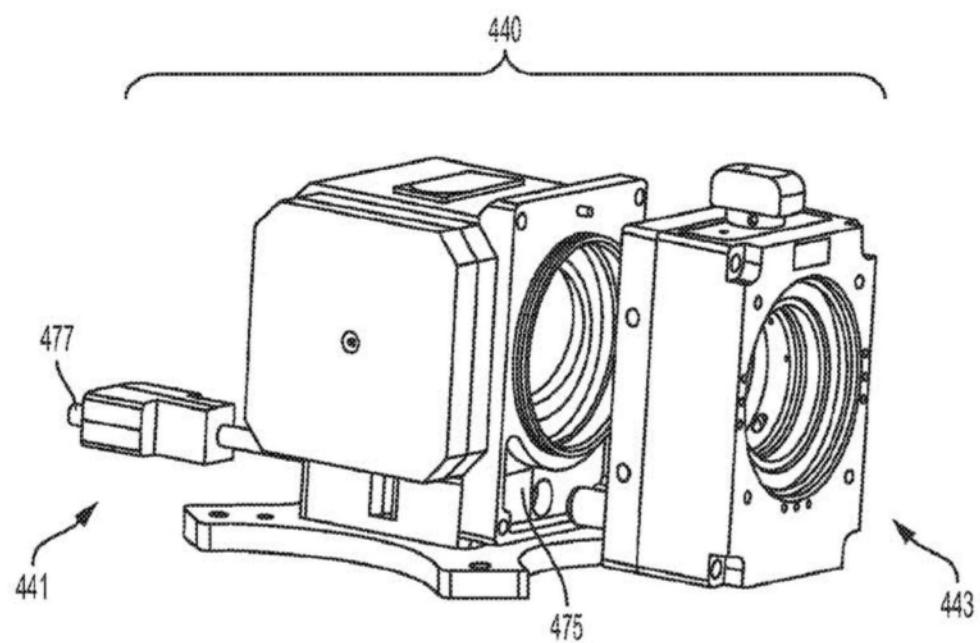


图11

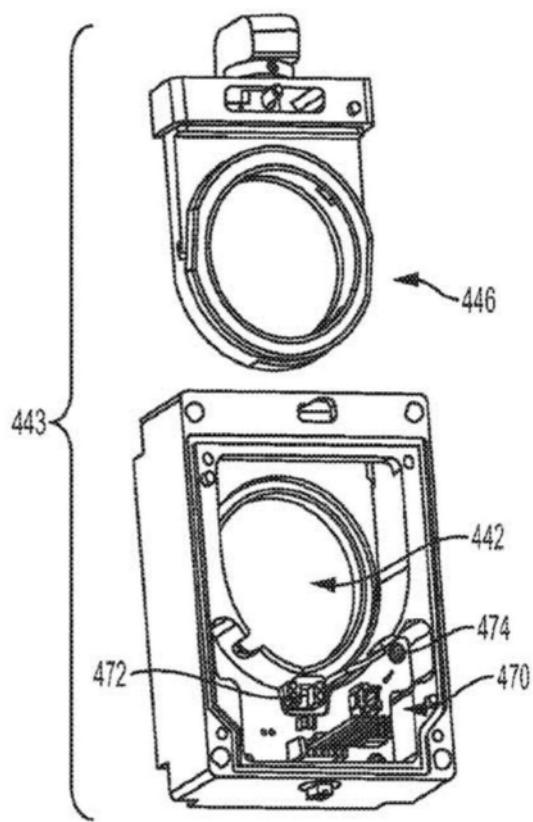


图12

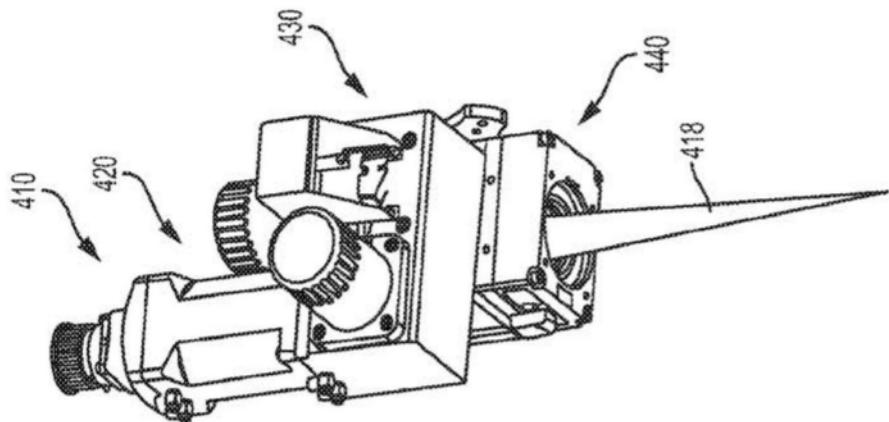


图13

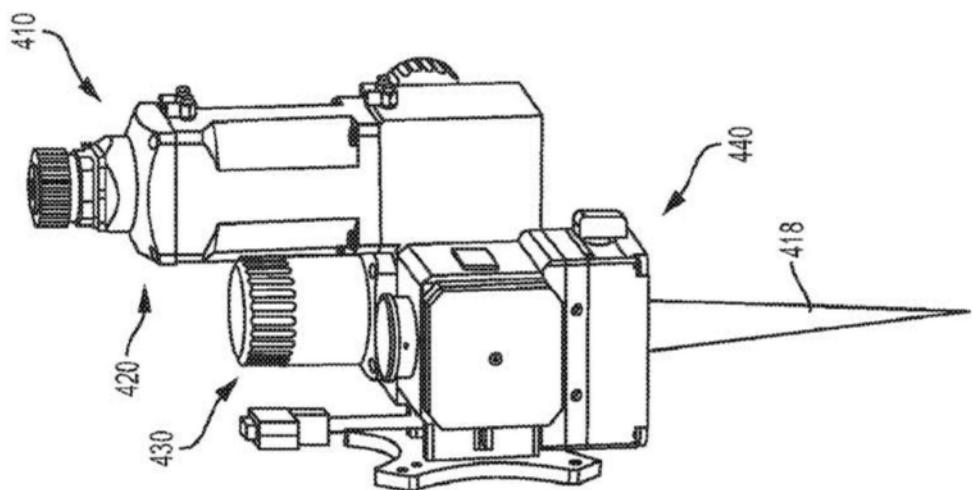


图14

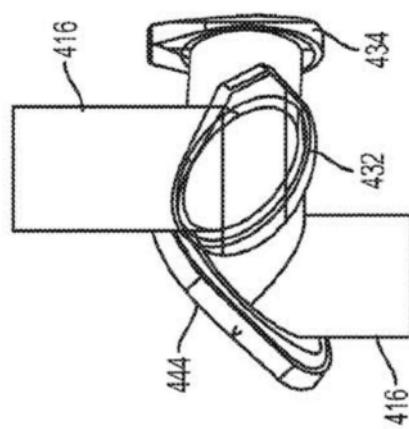


图15

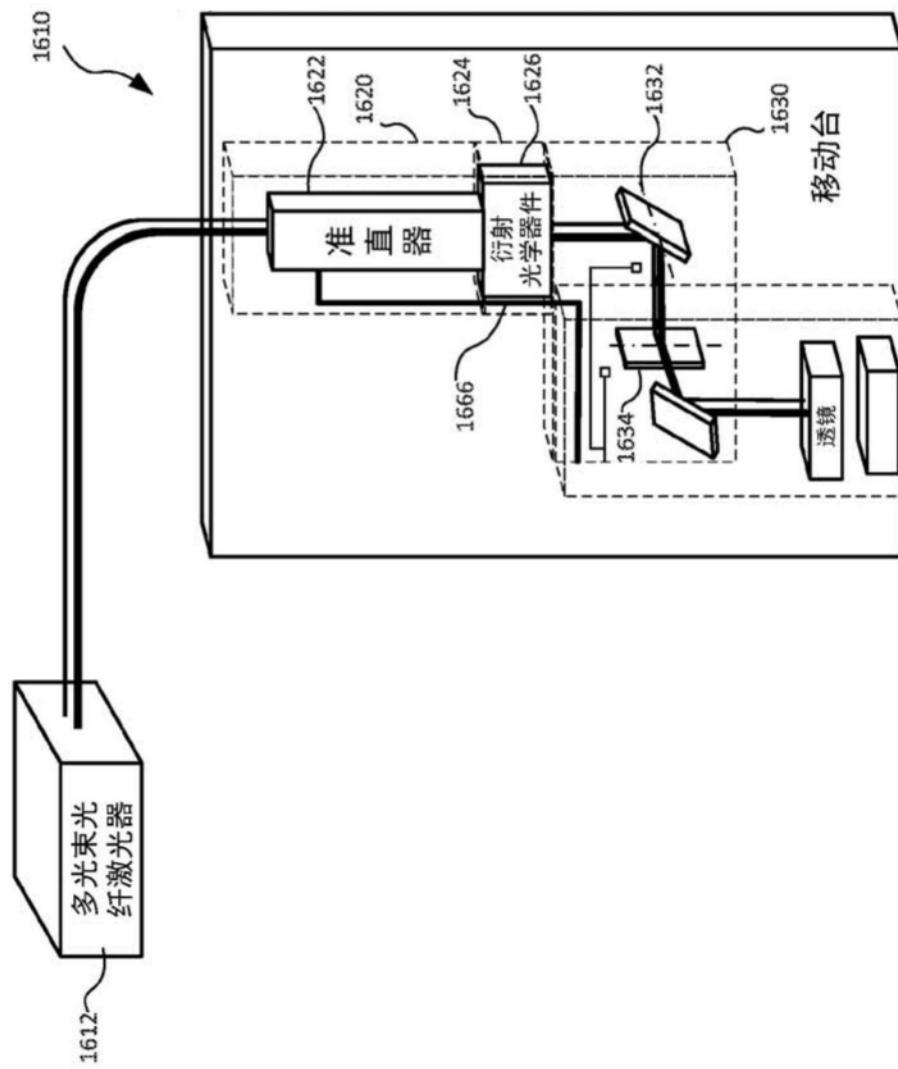


图16

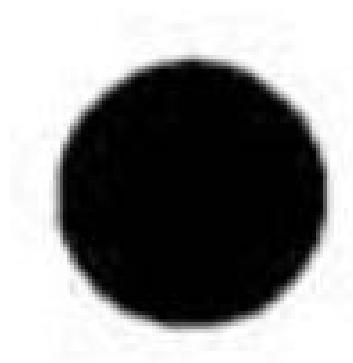


图17A

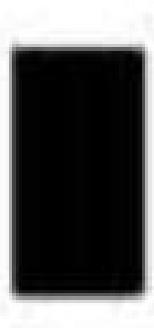


图17B



图17C



图18A



图18B



图18C

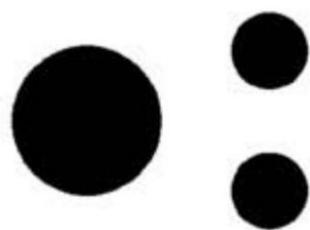


图19

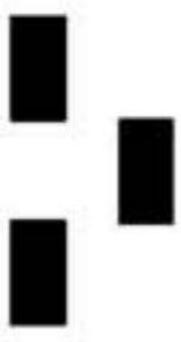


图20