



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105190724 A

(43) 申请公布日 2015. 12. 23

(21) 申请号 201480025625. 1

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2014. 03. 11

G09B 19/24(2006. 01)

(30) 优先权数据

13/792, 300 2013. 03. 11 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 11. 05

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2014/000287 2014. 03. 11

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/140720 EN 2014. 09. 18

(71) 申请人 林肯环球股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 C·彼得斯 D·波斯尔思韦特

M·W·华莱士

(74) 专利代理机构 北京嘉和天工知识产权代理

事务所（普通合伙） 11269

代理人 严慎

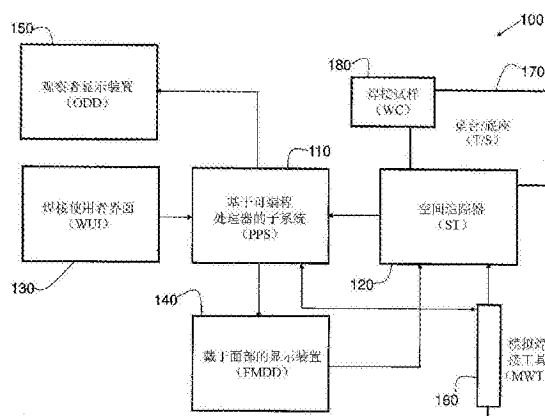
权利要求书2页 说明书33页 附图27页

(54) 发明名称

在虚拟现实环境中提供增强的教学和训练的
系统和方法

(57) 摘要

虚拟现实弧焊系统，所述虚拟现实弧焊系统
出于训练的目的提供虚拟现实仿真。帮助训练焊
接学员的虚拟现实焊接系统可以提供到因特网上
的网站的智能连接、理想焊缝熔池的重叠、基于虚
拟测试结果的推荐的校正动作、具有安全隐患的
虚拟环境的仿真以及在被不适当当地设置的焊接参
数与焊缝缺陷和不连贯性之间的关系的仿真。



1. 一种虚拟现实焊接系统,所述虚拟现实焊接系统包括:

基于可编程处理器的子系统;

空间追踪器,所述空间追踪器被可操作地连接到所述基于可编程处理器的子系统;

至少一个模拟焊接工具,所述至少一个模拟焊接工具被配置来由所述空间追踪器在空间上追踪;以及

至少一个显示装置,所述至少一个显示装置被可操作地连接到所述基于可编程处理器的子系统,

其中所述系统被配置来在虚拟现实环境中仿真焊缝熔池并且在所述至少一个显示装置上实时显示仿真的焊缝熔池,所述焊缝熔池响应于使用者对所述至少一个模拟焊接工具的操控并且具有实时熔融金属流动性和散热特征,并且

其中所述虚拟现实焊接系统被进一步配置来当所述仿真的焊缝熔池的至少一个特征与所述至少一个特征的理想的量偏离多于确定的量时,将理想焊缝熔池的图像重叠并且显示到所述仿真的焊缝熔池上。

2. 如权利要求 7 所述的系统,其中所述理想的焊缝熔池的所述图像是部分透明的重像。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的系统,其中所述理想的焊缝熔池的所述图像是不透明的图像。

4. 如权利要求 1 至 3 中的任一项所述的系统,其中所述至少一个特征包括形状、颜色、熔渣、尺寸、粘度、散热性、熔池痕迹以及币状体间隔中的一个或更多个。

5. 如权利要求 1 至 4 中的任一项所述的系统,其中所述虚拟现实焊接系统被进一步配置来至少在仿真的焊接工艺的第一部分期间将理想的焊缝熔池的部分透明的重像重叠并且显示到所述仿真的焊缝熔池上。

6. 一种方法,所述方法包括:

在虚拟现实焊接系统上针对焊接工艺设置多个焊接参数,其中针对所述焊接工艺所述多个焊接参数中的至少一个被不适当当地设置;使用者使用具有所述设置的多个焊接参数的所述虚拟现实焊接系统来执行虚拟焊接活动以创建虚拟焊件;以及

所述使用者在所述虚拟现实焊接系统的至少一个显示装置上观察所述虚拟焊件,并且至少基于所述观察,试图识别所述至少一个被不适当当地设置的焊接参数。

7. 如权利要求 6 所述的方法,其中所述多个焊接参数的设置由焊接指导者执行。

8. 如权利要求 6 或 7 所述的方法,其中所述多个焊接参数的设置由所述虚拟现实焊接系统自动执行。

9. 如权利要求 6 至 8 中的任一项所述的方法,还包括所述使用者试图将所述至少一个被不适当当地设置的焊接参数改变为适当的设置。

10. 如权利要求 9 所述的方法,还包括所述虚拟现实焊接系统或焊接指导者中的一个通知所述使用者何时所述使用者已经将所述至少一个被不适当当地设置的焊接参数改变为适当的设置。

11. 一种虚拟现实焊接系统,特别是根据权利要求 1 至 5 中的一项的虚拟现实焊接系统,所述虚拟现实焊接系统包括:

基于可编程处理器的子系统;

空间追踪器,所述空间追踪器被可操作地连接到所述基于可编程处理器的子系统;

至少一个模拟焊接工具,所述至少一个模拟焊接工具被配置来由所述空间追踪器在空间上追踪;

至少一个使用者界面,所述至少一个使用者界面被配置来允许使用者执行将信息输入到所述系统中以及作出选择中的一个或更多个;以及

通信部件,所述通信部件被可操作地连接到所述基于可编程处理器的子系统并且被配置来接入外部通信基础设施,

其中所述虚拟现实焊接系统被配置来响应于使用者请求,使用所述通信部件经由所述外部通信基础设施将使用者引导到一个或更多个因特网上与焊接教学和理论相关的预先识别的网站。

12. 一种虚拟现实焊接系统,特别是根据权利要求 1 至 5 或 11 中的一项的虚拟现实焊接系统,所述虚拟现实焊接系统包括:

基于可编程处理器的子系统,所述基于可编程处理器的子系统可操作来执行编码指令,所述编码指令包括:

呈现引擎,所述呈现引擎被配置来生成由使用者在所述虚拟现实焊接系统上创建的虚拟焊件的三维(3D)呈现;

分析引擎,所述分析引擎被配置来执行 3D 虚拟焊件的仿真的测试并且生成相应的测试数据;以及

至少一个智能代理(IA),所述至少一个智能代理(IA)被配置来基于至少所述测试数据,生成针对所述使用者的推荐的校正动作。

13. 一种方法,所述方法包括:

在虚拟现实焊接系统的一个或更多个显示装置上为使用者显示虚拟焊接环境,其中所述虚拟焊接环境由所述虚拟现实焊接系统生成并且在所述虚拟焊接环境内仿真一个或更多个不安全状况;以及

在所述使用者已经由所述虚拟现实焊接系统的使用者界面正确地识别针对所述虚拟现实焊接系统的所述一个或更多个不安全状况之后,允许所述使用者使用所述虚拟现实焊接系统继续执行虚拟焊接活动。

14. 如权利要求 13 所述的方法,还包括响应于所述使用者正确地识别针对所述虚拟现实焊接系统的所述一个或更多个不安全状况,从所述虚拟焊接环境中去除所述一个或更多个不安全状况。

15. 如权利要求 13 或 14 所述的方法,还包括在由所述使用者使用所述虚拟现实焊接系统执行焊接活动期间,将一个或更多个新的不安全状况引入到所述虚拟焊接环境中,其中所述一个或更多个新的不安全状况由所述虚拟现实焊接系统自动引入或者

响应于来自焊接指导者的命令由所述虚拟现实焊接系统引入。

在虚拟现实环境中提供增强的教学和训练的系统和方法

[0001] 本美国专利申请要求 2011 年 4 月 7 日递交的待审定的美国专利申请序号 13/081,725 的优先权，并且是所述待审定的美国专利申请 (13/081,725) 的部分继续 (CIP) 专利申请，所述待审定的美国专利申请通过引用被全部并入本文并且所述待审定的美国专利申请要求 2010 年 5 月 27 日递交的美国临时专利申请序号 61/349,029 的优先权，并且所述美国临时专利申请进一步要求 2009 年 7 月 10 日递交的待审定的美国专利申请序号 12/501,257 的优先权，并且是所述待审定的美国专利申请 (12/501,257) 的部分继续 (CIP) 专利申请，所述待审定的美国专利申请 (12/501,257) 通过引用被全部并入本文。

技术领域

[0002] 某些实施方案涉及虚拟现实仿真。更具体地，某些实施方案涉及用于在虚拟环境中增强焊接教学和训练的系统和方法。

背景技术

[0003] 在真实世界的焊接和训练中，焊接学员可能不得不使用真实的焊接设备和材料，所述真实的焊接设备和材料会是昂贵的。另外，真实世界的焊接环境会存在针对学员的安全隐患，并且，因此，指导机构可能不得不承担重大的责任保险，所述责任保险会是昂贵的。对于焊接学员而言，容易地理解他正在做错的内容并且作出改正的能力在真实世界的焊接环境中会花费很多时间并且耗费焊接指导者很多时间。另外，容易地获取附加的教学材料或焊接指导者帮助的能力在真实世界的焊接环境中可能是非常有限的。

[0004] 通过将这样的途径与如参照附图在本申请其余内容中阐述的本发明的实施方案进行比较，本领域技术人员将清楚常规的、传统的以及已提出的途径的其他限制和缺点。

发明内容

[0005] 根据权利要求 11 的一个实施方案提供虚拟现实弧焊系统。系统包括基于可编程处理器的子系统、空间追踪器、至少一个模拟焊接工具以及至少一个使用者界面，所述空间追踪器被可操作地连接到基于可编程处理器的子系统，所述至少一个模拟焊接工具被配置来由空间追踪器在空间上追踪，所述至少一个使用者界面被配置来允许使用者执行将信息输入到所述系统中以及作出选择中的一个或更多个。系统进一步包括通信部件，所述通信部件被可操作地连接到基于可编程处理器的子系统并且被配置来接入外部通信基础设施。另外，虚拟现实焊接系统被配置来响应于使用者请求，使用通信部件经由外部通信基础设施将使用者引导到一个或更多个因特网上与焊接教学和理论相关的预先识别的网站。特别优选的是，如果使用者请求由以下内容中的一个或更多个提示：使用者、人类焊接指导者或者被配置在基于可编程处理器的子系统上的智能代理，和 / 或，如果系统进一步包括一个或更多个音频转换器装置，所述音频转换器装置被可操作地连接到基于可编程处理器的子系统并且被配置来便利使用通信部件经由外部通信基础设施在远程位置的使用者和焊接指导者之间的音频通信，和 / 或，如果系统进一步包括一个或更多个视频装置，所述视频装

置被可操作地连接到基于可编程处理器的子系统并且被配置来便利使用通信部件经由外部通信基础设施在远程位置的使用者和焊接指导者之间的可视通信,和 / 或,如果虚拟现实焊接系统被进一步配置来使用通信部件经由外部通信基础设施接收来自在远程位置的远程装置的命令,其中所述命令被配置来指导对虚拟现实焊接系统进行故障检测或者改变虚拟现实焊接系统的设置中的一个或更多个,和 / 或,如果远程装置包括手持式移动装置、桌上型个人计算机装置或者由远程使用者操作的服务器计算机中的一个。

[0006] 根据权利要求 1 的另一个实施方案提供虚拟现实弧焊系统。系统包括系统包括基于可编程处理器的子系统、空间追踪器、至少一个模拟焊接工具以及至少一个显示装置,所述空间追踪器被可操作地连接到基于可编程处理器的子系统,所述至少一个模拟焊接工具被配置来由空间追踪器在空间上追踪,所述至少一个显示装置被可操作地连接到基于可编程处理器的子系统。系统被配置来在虚拟现实中环境中仿真焊缝熔池并且在至少一个显示装置上实时显示仿真的焊缝熔池,所述焊缝熔池响应于使用者对至少一个模拟焊接工具的操控并且具有实时熔融金属流动性和散热特征。系统被进一步配置来当仿真的焊缝熔池的至少一个特征与所述至少一个特征的理想量偏离多于确定的量时,将理想焊缝熔池的图像重叠并且显示到仿真的焊缝熔池上。

[0007] 根据权利要求 12 的进一步的实施方案提供虚拟现实弧焊系统。系统包括基于可编程处理器的子系统,所述基于可编程处理器的子系统可操作来执行编码指令。编码指令包括呈现引擎,所述呈现引擎被配置来生成由使用者在虚拟现实焊接系统上创建的虚拟焊件的三维 (3D) 呈现。编码指令进一步包括分析引擎,所述分析引擎被配置来执行 3D 虚拟焊件的仿真的测试并且生成相应的测试数据。编码指令还包括至少一个智能代理 (IA),所述至少一个智能代理 (IA) 被配置来基于至少测试数据,生成针对使用者的推荐的校正动作。特别优选的是,如果推荐的校正动作包括要被改变的使用者的焊接技术,和 / 或,如果推荐的校正动作包括要由使用者查看的储存在虚拟现实焊接系统上的训练材料,和 / 或,如果推荐的校正动作包括要由使用者完成的定制训练计划,和 / 或,如果推荐的校正动作包括要由使用者改变的虚拟现实焊接系统的设置。

[0008] 根据权利要求 13 的另一个实施方案提供方法。方法包括在虚拟现实焊接系统的一个或更多个显示装置上为使用者显示虚拟焊接环境,其中虚拟焊接环境由虚拟现实焊接系统生成并且在虚拟焊接环境内仿真一个或更多个不安全状况。方法进一步包括在使用者已经由虚拟现实焊接系统的使用者界面正确地识别针对虚拟现实焊接系统的一个或更多个不安全状况之后,允许使用者使用虚拟现实焊接系统继续执行虚拟焊接活动。

[0009] 根据权利要求 6 的进一步的实施方案提供方法。方法包括在虚拟现实焊接系统上针对焊接工艺设置多个焊接参数,其中针对焊接工艺多个焊接参数中的至少一个被不适当当地设置。方法还包括使用者使用具有设置的多个焊接参数的虚拟现实焊接系统来执行虚拟焊接活动以创建虚拟焊件。方法进一步包括使用者在虚拟现实焊接系统的至少一个显示装置上观察虚拟焊件,并且至少基于所述观察,试图识别至少一个被不适当当地设置的焊接参数。

[0010] 从以下的说明和附图将更完整地理解要求保护的本发明的这些和其他特点,以及本发明的图示说明的实施方案的细节。

附图说明

- [0011] 图 1 图示说明在实时虚拟现实环境下提供弧焊训练的系统的系统方框图的示例性实施方案；
- [0012] 图 2 图示说明结合的仿真焊接控制台和图 1 的系统的观察者显示装置 (ODD) 的示例性实施方案；
- [0013] 图 3 图示说明图 2 的观察者显示装置 (ODD) 的示例性实施方案；
- [0014] 图 4 图示说明图 2 的仿真的焊接控制台的前部分的示例性实施方案，示出物理焊接使用者界面 (WUI)；
- [0015] 图 5 图示说明图 1 的系统的模拟焊接工具 (MWT) 的示例性实施方案；
- [0016] 图 6 图示说明图 1 的系统的桌台 / 底座 (table/stand) (T/S) 的示例性实施方案；
- [0017] 图 7A 图示说明图 1 的系统的管焊接 (pipe welding) 试样 (coupon) (WC) 的示例性实施方案；
- [0018] 图 7B 图示说明安装于图 6 的桌台 / 底座 (T/S) 的臂的图 7A 的管状 WC；
- [0019] 图 8 图示说明图 1 的空间追踪器 (ST) 的示例性实施方案的各种部件；
- [0020] 图 9A 图示说明图 1 的系统的戴于面部的 (face-mounted) 显示装置 (FMDD) 的示例性实施方案；
- [0021] 图 9B 为图 9A 的 FMDD 如何被固定在使用者的头部上的示意图；
- [0022] 图 9C 图示说明安装于焊接头盔内的图 9A 的 FMDD 的示例性实施方案；
- [0023] 图 10 图示说明图 1 的系统的基于可编程处理器的子系统 (PPS) 的子系统方框图的示例性实施方案；
- [0024] 图 11 图示说明图 10 的 PPS 的图形处理单元 (GPU) 的方框图的示例性实施方案；
- [0025] 图 12 图示说明图 1 的系统的功能方框图的示例性实施方案；
- [0026] 图 13 为使用图 1 的虚拟现实训练系统的训练方法的实施方案的流程图；
- [0027] 图 14A-14B 根据本发明的实施方案图示说明焊接像元 (welding pixel) (焊元 (wexel)) 移置图 (displacement map) 的概念；
- [0028] 图 15 图示说明仿真于图 1 的系统中的平坦焊接试样 (WC) 的试样空间 (coupon space) 和焊缝空间 (weld space) 的示例性实施方案；
- [0029] 图 16 图示说明仿真于图 1 的系统中的拐角 (T 型接头) 焊接试样 (WC) 的试样空间和焊缝空间的示例性实施方案；
- [0030] 图 17 图示说明仿真于图 1 的系统中的管焊接试样 (WC) 的试样空间和焊缝空间的示例性实施方案；
- [0031] 图 18 图示说明图 17 的管焊接试样 (WC) 的示例性实施方案；
- [0032] 图 19A-19C 图示说明图 1 的系统的双移置熔池模型的概念的示例性实施方案；
- [0033] 图 20 图示说明独立式虚拟焊件检验 (VWI) 系统的示例性实施方案，该独立式虚拟焊件检验系统能够仿真虚拟焊件的检验并且显示在检验之下的虚拟焊件的动画以进行观察由于与焊件相关联的各种特征产生的效果；
- [0034] 图 21 图示说明评估在虚拟现实空间中呈现的基线虚拟焊件的质量的方法的示例性实施方案的流程图；
- [0035] 图 22-24 图示说明针对相同的虚拟焊件段的仿真的弯曲测试、仿真的拉伸测试以

及仿真的断裂测试的虚拟动画的实施方案；

[0036] 图 25 图示说明在实时虚拟现实环境中提供弧焊训练的系统的系统方框图的第二示例性实施方案；

[0037] 图 26 图示说明示出图 25 的虚拟现实弧焊系统如何可以经由外部通信基础设施联接到远程装置的系统方框图；

[0038] 图 27 图示说明示出仿真的焊缝熔池的显示的虚拟焊缝的示例性实施方案，所述虚拟焊缝在虚拟焊接工艺期间使用图 1 或图 25 的虚拟现实弧焊系统被创建；以及

[0039] 图 28 图示说明图 27 的显示的虚拟焊缝，所述虚拟焊缝具有重叠到仿真的焊缝熔池的图像上的理想焊缝熔池的图像。

具体实施方式

[0040] 作为虚拟焊接工艺的一部分，表征缺陷或不连贯性的数据可以通过使用虚拟现实焊接仿真器系统（例如，虚拟现实弧焊（VRAW）系统）预先限定虚拟焊件或创建虚拟焊件被捕获为所述虚拟焊件的限定（definition）的部分。所述 VRAW 系统包括基于可编程处理器的子系统、空间追踪器、至少一个模拟焊接工具以及至少一个显示装置，所述空间追踪器可操作地连接到所述基于可编程处理器的子系统，所述至少一个模拟焊接工具能够被所述空间追踪器在空间上追踪，所述至少一个显示装置可操作地连接到所述基于可编程处理器的子系统。所述系统能够在虚拟现实空间中仿真具有实时熔融金属流动性和散热特征的熔池。所述系统还能够在所述显示装置上实时地显示所述仿真的熔池。当被显示时，所述仿真的熔池的实时熔融金属流动性和散热特征提供实时可视反馈给所述模拟焊接工具的使用者，允许所述使用者响应于所述实时可视反馈而实时地调节或保持焊接技法（即帮助使用者正确地学习焊接）。所显示的熔池是基于使用者的焊接技法和所选择的焊接工艺与参数而将被形成于真实世界中的熔池的表征。通过观看熔池（例如形状、颜色、熔渣、大小、堆叠的币状体（stacked dimes）），使用者可以修正其技法来进行良好的焊接并确定被完成的焊接类型。所述熔池的形状响应于焊枪或焊条的运动。如本文所使用的，术语“实时”意指以与使用者在真实世界的焊接情景下将会感知和体验的相同的方式，在仿真的环境下及时感知和体验。此外，所述熔池响应于包括重力的物理环境的作用，允许使用者以各种位置（包括仰焊（overhead welding））和各种管焊接角度（例如 1G、2G、5G、6G）逼真地练习焊接。这样的实时虚拟焊接场景导致虚拟焊件的数据表征的生成。

[0041] 图 1 图示说明系统 100 的系统方框图的示例性实施方案，系统 100 在实时虚拟现实环境下提供弧焊训练。系统 100 包括基于可编程处理器的子系统（PPS）110。PPS 110 提供被配置作为用于提供虚拟焊件的 3D 动画呈现的呈现引擎的硬件与软件。PPS 110 还提供被配置作为用于进行虚拟焊件的测试和检验的分析引擎的硬件与软件。在图 1 的系统的上下文中，虚拟焊件是已通过仿真焊接工艺而形成焊道或焊接接缝的焊接试样的所得仿真。

[0042] 系统 100 进一步包括可操作地连接到 PPS 110 的空间追踪器（ST）120。系统 100 还包括可操作地连接到 PPS 110 的物理焊接使用者界面（WUI）130，以及可操作地连接到 PPS 110 和 ST 120 的戴于面部的显示装置（FMDD）140（参见图 9A-9C）。然而，特定的实施方案可以不提供 FMDD。系统 100 还包括可操作地连接到 PPS 110 的观察者显示装置（ODD）150。系统 100 还包括可操作地连接到 ST 120 和 PPS 110 的至少一个模拟焊接工具（MWT）160。

系统 100 还包括桌台 / 底座 (T/S) 170, 以及能够被附接到 T/S 170 的至少一个焊接试样 (WC) 180。根据本发明可替换的实施方案, 提供模拟气罐 (未示出), 所述模拟气罐仿真保护气体源并具有可调节的流量调校器 (flow regulator)。

[0043] 图 2 图示说明结合的仿真焊接控制台 135 (仿真焊接电源使用者界面) 和图 1 的系统 100 的观察者显示装置 (ODD) 150 的示例性实施方案。物理 WUI 130 位于控制台 135 的前部分上, 并且提供旋钮 (knobs)、按钮以及操纵杆, 用于各种模式和功能的使用者选择。根据本发明的实施方案, ODD 150 被附接到控制台 135 的顶部分。MWT 160 放置在附接到控制台 135 的侧部分的托架 (holder) 中。在内部, 控制台 135 容纳 PPS 110 以及 ST 120 的一部分。

[0044] 图 3 图示说明图 2 的观察者显示装置 (ODD) 150 的示例性实施方案。根据本发明的实施方案, ODD 150 为液晶显示 (LCD) 装置。其他显示装置也是可能的。例如, 根据本发明的另一实施方案, ODD 150 可以为触控屏幕显示器。ODD 150 从 PPS 110 接收视频 (例如 SVGA 格式) 并且显示来自 PPS 110 的信息。

[0045] 如图 3 所示, ODD 150 能够显示呈现各种焊接参数 151 的第一使用者场景, 焊接参数 151 包括位置、末端到工件间隙 (tip to work)、焊接角度、行进角度以及行进速度。这些参数可以以图形的形式实时被选择并显示并且被用于教导适当的焊接技法。此外, 如图 3 所示的, ODD 150 能够显示仿真的焊接不连贯性状态 152, 包括例如不适当的焊缝大小、不佳的焊道布置、凹入的焊道、过于外凸、咬边、多孔、未焊透、夹渣、过度飞溅、过度填充以及烧穿 (焊穿)。咬边是熔入邻近焊缝或焊缝焊根 (root) 的基底金属的且没有被焊缝金属填充的凹槽 (groove)。咬边常常是由于不正确的焊接角度造成的。多孔是由固化期间的夹气形成的空腔类不连贯, 常常是由电弧过于远离试样移动而造成的。这样的仿真焊接不连贯性状态由系统 100 在仿真焊接工艺期间生成, 以使用仿真焊接试样形成虚拟焊件。

[0046] 再有, 如图 3 所示的, ODD 150 能够显示使用者选择内容 153, 包括菜单、动作、视觉提示、新试样以及最终行程 (end pass)。这些使用者选择内容被关联到控制台 135 上的使用者按钮。当使用者经由例如 ODD 150 的触控屏幕或者经由物理 WUI 130 进行各种选择时, 所显示的特征可以改变以对使用者提供选择的信息和其他选项。此外, ODD 150 可以显示佩戴 FDMM 140 的焊接者以与所述焊接者相同角度的视野或者以各种不同的角度 (例如由指导人员选择的) 可见的视图。ODD 150 可以由指导人员和 / 或学员出于各种训练目的进行观看, 包括针对虚拟焊件的破坏性 / 非破坏性的测试与检验。例如, 所述视图可以围绕已完成的焊缝转动, 以允许由指导人员进行的目检。根据本发明可替换的实施方案, 来自系统 100 的视频可以经由例如互联网被发送到远端位置, 来进行远端观看和 / 或评论。另外, 可以提供音频, 允许学员和远端指导人员之间的实时音频通信。

[0047] 图 4 图示说明图 2 的仿真的焊接控制台 135 的前部分的示例性实施方案, 示出物理焊接使用者界面 (WUI) 130。WUI 130 包括对应于显示在 ODD 150 上的使用者选择内容 153 的一组按钮 131。按钮 131 被着色以对应于显示在 ODD 150 上的使用者选择内容 153 的颜色。当按钮 131 中的一个被按下时, 信号被发送到 PPS 110 来激活对应的功能。WUI 130 还包括操纵杆 132, 操纵杆 132 能够被使用者使用来选择显示在 ODD 150 上的各种参数和选择内容。WUI 130 还包括用于调节焊丝送进速度 / 安培数的刻度盘或旋钮 133, 以及用于调节伏特 / 微调的另一刻度盘或旋钮 134。WUI 130 还包括用于选择弧焊工艺的刻度盘或旋钮

136。根据本发明的实施方案，三种弧焊工艺是可选择的，包括具有气体保护和自保护过程的焊剂芯弧焊 (FCAW)；包含短弧、轴向喷射 (axial spray)、STT 以及脉冲的气体保护金属极弧焊 (GMAW)；气体保护钨极弧焊 (GTAW)；以及包含 E6010、E6013 和 E7018 电极的自动保护金属极弧焊 (SMAW)。WUI 130 还包括用于选择焊接极性的刻度盘或旋钮 137。根据本发明的实施方案，三种弧焊极性是可选择的，包括交流电 (AC)、正接直流电 (DC+) 以及负接直流电 (DC-)。

[0048] 图 5 图示说明图 1 的系统 100 的模拟焊接工具 (MWT) 160 的示例性实施方案。图 5 的 MWT 160 仿真用于板焊接 (plate welding) 和管焊接的手工焊接工具，并且包括夹持器 161 和仿真的手工焊条 162。在 MWD 160 上的触发装置用于将信号传送到 PPS 110 来激活所选择的仿真的焊接工艺。仿真的手工焊条 162 包括触觉型 (tactilely) 阻力末端 163，用于仿真发生在例如真实世界的管焊接中的焊根焊道 (root pass) 焊接过程期间或者焊接平板时的阻力反馈。如果使用者过于背离焊根移动仿真的手工焊条 162，该使用者将能够感觉或觉察到较低的阻力，从而获得用于调节或保持当前焊接工艺的反馈。

[0049] 考虑的是，手工焊接工具可以包括致动器 (未示出)，所述致动器在虚拟焊接工艺期间缩回仿真的手工焊条 162。也就是说，当使用者从事虚拟焊接活动时，夹持器 161 和仿真的手工焊条 162 的末端之间的距离被减小来仿真焊条的消耗。消耗速率，即手工焊条 162 的缩回，可以由 PPS 110 控制，并且更具体地，可以由 PPS 110 执行的编码指令控制。仿真的消耗速率还可以取决于使用者的技法。在此值得一提的是，当系统 100 便利利用不同类型焊条的虚拟焊接时，消耗率或手工焊条 162 的减少可以随所使用的焊接过程和 / 或系统 100 的设置而变化。

[0050] 根据本发明的其他实施方案，其他模拟焊接工具也是可能的，包括例如仿真手持半自动焊枪的 MWD，所述 MWD 具有被送进通过所述枪的焊丝焊条。此外，根据本发明的其他特定实施方案，即使在系统 100 中工具不会用于实际上创建真实的电弧，真实的焊接工具可以用作 MWT 160 来更好地仿真使用者手中的所述工具的实际感觉。再者，可以提供仿真的打磨工具 (grinding tool) 用来在仿真器 100 的仿真的打磨模式下使用。类似地，可以提供仿真的切割工具，用来在仿真器 100 的仿真的切割模式下使用 (例如，举例说明，如在火焰切割和等离子切割中使用的仿真的切割工具)。另外，可以提供仿真的气体保护钨极弧焊 (GTAW) 焊炬或填充物材料，用来在仿真器 100 中使用。

[0051] 图 6 图示说明图 1 的系统 100 的桌台 / 底座 (T/S) 170 的示例性实施方案。T/S 170 包括可调节的桌台 171、底座或基座 172、可调节的臂 173 以及立柱 174。桌台 171、底座 172 以及臂 173 的每个被附接到立柱 174。桌台 171 和臂 173 的每个能够相对于立柱 174 被手动地向上、向下和转动地调节。臂 173 用于支撑各种焊接试样 (例如焊接试样 175)，并且在训练时使用者可以将他 / 她的手臂放于桌台 171 上。立柱 174 被标记有位置信息从而使用者可以确切地知晓臂 173 的所在位置，并且桌台 171 被垂直地固定在柱 171 上。这种垂直位置信息可以由使用者使用 WUI 130 和 ODD 150 来输入系统。

[0052] 根据本发明可替换的实施方案，桌台 171 和臂 173 的位置可以由 PSS 110 经由预先编程的设置内容或者经由 WUI 130 和 / 或 ODD 150 按照使用者的命令自动地被设置。在这样的可替换实施方案中，T/S 170 包括例如，马达和 / 或伺服机构，并且来自 PPS 110 的信号命令激活所述马达和 / 或伺服机构。根据本发明又一可替换的实施方案，桌台 171 和

臂 173 的位置以及试样的类型由系统 100 检测。以这种方式，使用者无需经由使用者界面手动输入位置信息。在这样的可替换实施方案中，T/S 170 包括位置检测器和定向检测器并且发送信号命令到 PPS 110 来提供位置和定向信息，而 WC 175 包括位置检测传感器（例如用于检测磁场的线圈传感器）。根据本发明的实施方案，当调节参数改变时，使用者能够在 ODD 150 上看到 T/S 170 调节的呈现 (rendering)。

[0053] 图 7A 图示说明图 1 的系统 100 的管焊接试样 (WC) 175 的示例性实施方案。WC 175 仿真被放置在一起以形成要焊接的焊根 176 的两个六英寸直径的管 175' 和 175''。WC 175 在 WC 175 的一端包括连接部分 177，允许 WC 175 以准确且可重复的方式被附接到臂 173。图 7B 图示说明安装于图 6 的桌台 / 底座 (T/S) 170 的臂 173 的图 7A 的管状 WC 175。WC 175 能够被附接到臂 173 的所述准确且可重复的方式允许 WC 175 的空间校准只需在工厂进行一次。于是，在实践中，只要系统 100 被告知臂 173 的位置，系统 100 能够在虚拟环境下相对于 WC 175 追踪 MWT 160 和 FMDD 140。如图 6 所示的，WC 175 所附接到的臂 173 的第一部分能够相对于臂 173 的第二部分倾斜 (tilt)。这允许使用者在管处于数种不同定向和角度中的任一种时练习管焊接。

[0054] 图 8 图示说明图 1 的空间追踪器 (ST) 120 的示例性实施方案的各种部件。ST 120 为能够可操作地与系统 100 的 PPS 110 连接的磁性追踪器。ST 120 包括磁源 121 和源线缆、至少一个传感器 122 及相关联的线缆、存储盘 123 上的主机软件、电源 124 及相关联的线缆、USB 和 RS-232 线缆 125 以及处理器追踪单元 126。磁源 121 能够经由线缆可操作地连接到处理器追踪单元 126。传感器 122 能够经由线缆可操作地连接到处理器追踪单元 126。电源 124 能够经由线缆可操作地连接到处理器追踪单元 126。处理器追踪单元 126 能够经由 USB 或 RS-232 线缆 125 可操作地连接到 PPS 110。存储盘 123 上的主机软件能够加载到 PPS 110 上并且允许 ST 120 和 PPS 110 之间的功能通信。

[0055] 参考图 6 和图 8，ST 120 的磁源 121 被安装在臂 173 的第一部分上。磁源 121 创建围绕源 121 的磁场（包括包围被附接到臂 173 的 WC 175 的空间），所述磁场建立 3D 空间参考框架。T/S 170 大部分为非金属的（非铁的或不导电的），从而不会使由磁源 121 创建的磁场畸变 (distort)。传感器 122 包括沿三个空间方向正交排列的三个感应线圈。传感器 122 的感应线圈的每个测量磁场在所述三个方向中的每个上的强度并将这样的信息提供给处理器追踪单元 126。因此，当 WC 175 被安装在臂 173 上时，系统 100 能够知晓 WC 175 的任一部分相对于由磁场建立的 3D 空间参考框架的位置所在。传感器 122 可以被附接到 MWT 160 或 FMDD 140，允许 MWT 160 或 FMDD 140 相对于 3D 空间参考框架在空间和定向二者上被 ST 120 追踪。当两个传感器 122 被提供并可操作地连接到处理器追踪单元 126 时，MWT 160 和 FMDD 140 二者都可以被追踪。以这种方式，系统 100 能够在虚拟现实空间中创建虚拟 WC、虚拟 MWT 以及虚拟 T/S，并且能够在 MWT 160 和 FMDD 140 相对于 3D 空间参考框架被追踪时，在 FMDD 140 和 / 或 ODD 150 上显示虚拟 WC、虚拟 MWT 以及虚拟 T/S。

[0056] 根据本发明可替换的实施方案，一个或更多个传感器 122 可以无线的方式连接到处理器追踪单元 126，并且处理器追踪单元 126 可以无线的方式连接到 PPS 110。根据本发明的其他可替换实施方案，其他类型的空间追踪器 120 可以用于系统 100，例如包括基于加速度计 / 陀螺仪的追踪器、光学追踪器（有源或无源）、红外追踪器、声学追踪器、激光追踪器、射频追踪器、惯性追踪器以及基于增强现实的追踪系统。其他类型的追踪器也是可能

的。

[0057] 图 9A 图示说明图 1 的系统 100 的戴于面部的显示装置 140 (FMDD) 的示例性实施方案。图 9B 为图 9A 的 FMDD 140 如何被固定在使用者的头部上的示意图。图 9C 图示说明被整合到焊接头盔 900 中的图 9A 的 FMDD 140 的示例性实施方案。FMDD 140 经由有线方式或无线方式可操作地连接到 PPS 110 和 ST 120。根据本发明的各种实施方案, ST 120 的传感器 122 可以被附接到 FMDD 140 或焊接头盔 900, 允许 FMDD 140 和 / 或焊接头盔 900 相对于所创建的 3D 空间参考框架被 ST 120 追踪。

[0058] 根据本发明的实施方案, FMDD 140 包括能够以 2D 和帧序列视频模式传送流体全活动视频 (fluid full-motion video) 的两个高对比度 SVGA 3D OLED 微显示器。虚拟现实环境的视频被提供并显示在 FMDD 140 上。例如可以提供缩放 (例如 2 倍 (2X)) 模式, 允许使用者仿真更加以假乱真的镜头 (a cheater lens)。

[0059] FMDD 140 还包括两个耳塞扬声器 910, 允许使用者聆听由系统 100 生成的仿真的焊接相关声音和环境声音。根据本发明的各种实施方案, FMDD 140 可以经由有线或无线方式可操作地连接到 PPS 110。根据本发明的实施方案, PPS 110 向 FMDD 140 提供立体视频, 向使用者提供加强的深度感知。根据本发明可替换的实施方案, 使用者能够使用 MWT 160 上的控制部件 (例如按钮或开关) 来调用和选择菜单, 并且在 FMDD 140 上显示选项。这可以允许使用者在其出现失误、改变特定参数或者例如回退一点以重新完成焊道轨迹的一部分时容易地重置焊接。

[0060] 图 10 图示说明图 1 的系统 100 的基于可编程处理器的子系统 (PPS) 110 的子系统方框图的示例性实施方案。根据本发明的实施方案, PPS 110 包括中央处理单元 (CPU) 111 和两个图形处理单元 (GPU) 115。根据本发明的实施方案, 两个 GPU 115 被编程以提供具有实时熔融金属流动性和吸热与散热特征的熔池 (又叫焊池 (weld pool)) 的虚拟现实仿真。

[0061] 图 11 图示说明图 10 的 PPS 110 的图形处理单元 (GPU) 115 的方框图的示例性实施方案。每个 GPU 115 支持数据并行算法的实现。根据本发明的实施方案, 每个 GPU 115 提供能够提供两个虚拟现实视图的两个视频输出 118 和 119。视频输出中的两个可以被路由至 FMDD 140, 给出焊接者的视野, 并且第三视频输出例如可以被路由至 ODD 150, 呈现焊接者的视野或者一些其他的视野。余下的第四视频输出例如可以被路由至投影仪。两个 GPU 115 执行相同的焊接物理计算, 但可以从相同或不同的视野呈现虚拟现实环境。GPU 115 包括统一计算设备架构 (CUDA) 116 和着色器 117。CUDA 116 是软件开发商通过行业标准编程语言可使用的 GPU 115 的计算引擎。CUDA 116 包括并行核心并且被用于运行本文所描述的熔池仿真的物理模型。CPU 111 提供实时焊接输入数据至 GPU 115 上的 CUDA 116。着色器 117 负责绘制并应用全部的仿真画面。焊道和熔池画面由本文稍后描述的焊元移置图的状态来驱动。根据本发明的实施方案, 物理模型以约每秒 30 次的速率运行和更新。在虚拟破坏性 / 非破坏性测试和检验仿真期间, GPU 115 充当呈现引擎, 以提供在仿真焊接工艺期间所创建的虚拟焊件的 3D 动画呈现。此外, CPU 111 充当分析引擎, 以相对于将被呈现在虚拟焊件中的各种缺陷和不连贯性提供虚拟焊件的测试分析。

[0062] 图 12 图示说明图 1 的系统的功能方框图的示例性实施方案。如图 12 所示的系统 100 的各种功能块大部分经由运行在 PPS 110 上的软件指令和模块实现。系统 100 的各种功能块包括物理界面 1201、焊炬和夹具模型 1202、环境模型 1203、声音内容功能 1204、

焊接声音 1205、桌台 / 底座模型 1206、内部架构功能 1207、校准功能 1208、试样模型 1210、焊接物理 1211、内部物理调节工具（调整装置（tweaker））1212、图形使用者界面功能 1213、绘图功能 1214、学员报告功能 1215、呈现装置 1216、焊道呈现 1217、3D 纹理 1218、视觉提示功能 1219、评分和公差功能 1220、公差编辑器 1221 以及特殊效果 1222。根据本发明的实施方案，呈现装置 1216、焊道呈现 1217、3D 纹理 1218 以及评分和公差功能 1220 在虚拟破坏性 / 非破坏性测试或检验期间以及在仿真焊接工艺期间被采用。

[0063] 内部架构功能 1207 提供系统 100 的处理的更高等级的软件运算，包括例如加载文件、保持信息、管理线程、启用物理模型以及触发菜单。根据本发明的实施方案，内部架构功能 1207 运行在 CPU 111 上。针对 PPS 110 的特定实时输入包括电弧位置、焊枪位置、FMDD 或头盔位置、焊枪启用 / 关闭状态以及接触产生的状态（是 / 否）。

[0064] 图形使用者界面功能 1213 通过 ODD 150 允许使用者使用物理使用者界面 130 的操纵杆 132 设置焊接情景、测试情景或检验情景。根据本发明的实施方案，焊接情景的设置包括选择语言，输入使用者姓名，选择实习板（即焊接试样），选择焊接工艺（例如 FCAW、GMAW、SMAW）和相关联的轴向喷射、脉冲或短弧方法，选择气体类型和流率，选择手工焊条的类型（例如 6010 或 7018），以及选择焊剂芯焊丝的类型（例如自保护的、气体保护的）。焊接情景的设置还包括选择 T/S 170 的桌台高度、臂高度、臂位置以及臂转动。焊接情景的设置进一步包括选择环境（例如虚拟现实空间中的背景环境），设置焊丝送进速度，设置电压电平，设置安培数，选择极性以及启用或关闭特定视觉提示。类似地，虚拟测试或检验情景的设置可以包括选择语言、输入使用者姓名、选择虚拟焊件、选择破坏性 / 非破坏性测试、选择交互工具以及选择动画的立体图。

[0065] 在仿真的焊接情景期间，绘图功能 1214 收集使用者表现参数并将所述使用者表现参数提供至图形使用者界面功能 1213，来以图形格式进行显示（例如在 ODD 150 上）。来自 ST 120 的追踪信息馈入绘图功能 1214。绘图功能 1214 包括简单分析模块（SAM）和抖动（whip）/ 摆动（weave）分析模块（WWAM）。SAM 通过比较焊接参数和储存在焊道表格中的数据分析使用者焊接参数，所述使用者焊接参数包括焊接行进角度、行进速度、焊接角度、位置以及末端到工件间隙距离。WWAM 分析使用者抖动参数，包括币状体间隔、抖动时间以及熔池时间。WWAM 还分析使用者摆动参数，包括摆动宽度、摆动间隔以及摆动定时。SAM 和 WWAM 将原输入数据（例如位置和定向数据）解释为在功能上可使用的数据，用于进行绘图。针对由 SAM 和 WWAM 分析的每个参数，公差窗口由参数限制（parameter limits）围绕使用公差编辑器 1221 输入焊道表格的最佳或理想设定值来限定，并且评分和公差功能 1220 被执行。

[0066] 公差编辑器 1221 包括估计材料使用、电气使用和焊接时间的焊接度量计（weldometer）。此外，当特定参数超出公差时，可能发生焊接不连贯（即焊接缺陷）。任何焊接不连贯的状态由绘图功能 1214 处理并经由图形使用者界面功能 1213 以图形格式呈现。这样的焊接不连贯包括不适当的焊缝大小、不佳的焊道布置、凹入的焊道、过于外凸、咬边、多孔、未焊透、夹渣（slag entrapment）、过度填充、烧穿以及过度飞溅。根据本发明的实施方案，不连贯的等级或量取决于特定使用者参数偏离最佳或理想的设定点的程度。作为仿真焊接工艺的部分生成的这样的焊接不连贯性被用作为与虚拟焊件相关联的虚拟破坏性 / 非破坏性以及检验工艺的输入。

[0067] 不同的参数限制可以针对不同类别的使用者（例如焊接初学者、焊接专家以及在交易展览会中的人）被预先限定。评分和公差功能 1220 根据使用者接近针对特定参数的最佳（理想）值的程度并且根据出现在焊接中的不连贯或缺陷的等级提供数字评分。所述最佳值是从真实世界数据获得的。来自评分和公差功能 1220 和来自绘图功能 1214 的信息可以被学员报告功能 1215 使用，来为指导人员和 / 或学员创建表现报告。

[0068] 系统 100 能够分析和显示虚拟焊接活动的结果。通过分析所述结果，意味着系统能够确定在该焊接行程期间是何时以及沿焊接接缝是何处，使用者偏离焊接工艺可接受的限定范围。评分可以归因于使用者的表现。在一个实施方案中，评分可以是在多个公差范围上模拟焊接工具 160 在位置、定向和速度上的偏离的函数，这可以从理想的焊接行程延伸到临界的或不可接受的焊接活动。根据用于对使用者的表现进行评分的选择，多个范围的任何梯度均可以被包括在系统 100 中。评分可以以数字的方式或字母数字的方式来显示。此外，使用者的表现可以以图形的方式来显示，在时间上和 / 或沿焊接接缝的位置上示出所述模拟焊接工具如何接近地横过焊接接缝。诸如行进角度、加工角度、速度以及离焊接接缝的距离的参数是可以被测量的内容的例子，然而出于评分的目的任何参数均可以被分析。所述参数的公差范围取自真实世界的焊接数据，从而提供关于使用者在真实世界中将会如何表现的准确反馈。在另一实施方案中，与使用者的表现对应的缺陷的分析也可以被包括并显示在 ODD 150 上。在这个实施方案中，可以描绘示出由测量在虚拟焊接活动期间所监控的各种参数而造成的不连贯是何种类型的图形。尽管“吸留 (occlusions)”在 ODD 150 上可能不是可视的，但由于使用者的表现，缺陷仍可能已经发生，使用者的表现结果仍可能会相应地被显示（即图形化），并且还被测试（例如，经由弯曲测试）和检验。

[0069] 视觉提示功能 1219 通过在 FMDD 140 和 / 或 ODD 150 上显示覆盖的颜色和指示标记，向使用者提供立即的反馈。针对焊接参数 151 中的每个提供视觉提示，焊接参数 151 包括位置、末端到工件间隙距离、焊接角度、行进角度、行进速度以及电弧长度（例如针对手工焊接），并且如果基于预先限定的限制或公差，使用者的焊接技法的某些方面应当被调节，则在视觉上指示所述使用者。例如，还可以针对抖动 / 摆动技法以及焊道“币状体”间隔提供视觉提示。视觉提示可以独立地或以任何期望的组合被设置。

[0070] 校准功能 1208 提供使真实世界空间（3D 参考框架）中的实物部件与虚拟现实空间中的可视部件匹配的能力。通过将 WC 安装到 T/S 170 的臂 173 上，并且利用可操作地连接到 ST 120 的校准笔 (stylus) 接触 WC 预先限定的点（例如由 WC 上的三处浅凹指示的），每种不同类型的焊接试样 (WC) 在工厂中被校准。ST 120 读取所述预先限定的点处的磁场强度，提供位置信息至 PPS 110，并且 PPS 110 使用所述位置信息来进行所述校准（即从真实世界空间到虚拟现实空间的转换）。

[0071] 任一特定类型的 WC 在非常严格的公差之内以相同的可重复方式装入 T/S 170 的臂 173。因而，一旦特定 WC 类型被校准，该 WC 类型无需被重复校准（即特定类型的 WC 的校准是一次性事件）。相同类型的 WC 是可互换的。校准确保使用者在焊接工艺期间所感知的物理反馈匹配在虚拟现实空间中向所述使用者显示的内容，使得仿真看上去更加真实。例如，如果使用者围绕实际 WC 180 的拐角滑动 MWT 160 的末端，所述使用者将会在 FMDD 140 上看到所述末端围绕虚拟 WC 的拐角滑动，就像所述使用者感觉到的所述末端围绕所述实际的拐角滑动那样。根据本发明的实施方案，MWT 160 被放置在预先定位的架子 (jig) 上

并且也基于已知的架子位置被校准。

[0072] 根据本发明可替换的实施方案，提供例如在试样的拐角上具有传感器的“智能”试样。ST 120 能够追踪“智能”试样的拐角，从而系统 100 连续地知晓“智能”试样在真实世界 3D 空间中的位置。根据本发明的又一可替换实施方案，提供许可密钥来“解锁”焊接试样。当特定 WC 被购买时，提供许可密钥，允许使用者将所述许可密钥输入系统 100，解锁与该 WC 相关联的软件。根据本发明的另一实施方案，基于部件的真实世界 CAD 制图，可以提供特殊的非标准焊接试样。使用者甚至可以在部件于真实世界中实际上被生成之前，能够训练焊接 CAD 部件。

[0073] 声音内容功能 1204 和焊接声音 1205 提供具体类型的焊接声音，所述焊接声音根据特定焊接参数是否在公差内或超出公差而改变。声音根据各种焊接工艺和参数来调整。例如，在 MIG 喷弧焊工艺中，当使用者未使 MWT 160 正确定位时提供噼啪的声音，而当 MWT160 被正确定位时提供嘶嘶的声音。在短弧焊接工艺中，针对适当的焊接技法提供稳定的噼啪声或“油煎”声 (frying sound)，而当发生咬边时可以提供嘶嘶的声音。这些声音模仿 (mimic) 对应于正确和错误焊接技法的真实世界的声音。

[0074] 根据本发明的各种实施方案，高保真声音内容可以使用各种电子和机械装置取自实际焊接的真实世界录音。根据本发明的实施方案，所感知的声音的音量和方向性根据使用者的头部（假设使用者正佩戴由 ST 120 追踪的 FMDD 140）相对于 MWT 160 和 WC 180 之间的仿真的电弧的位置、定向和距离而改变。例如，声音可以经由 FMDD 140 中的耳塞扬声器 910 或经由配置在控制台 135 或 T/S 170 中的扬声器被提供给使用者。

[0075] 提供环境模型 1203 来提供虚拟现实空间中的各种背景场景（静止的和运动的）。这样的背景环境可以包括，例如室内焊接车间、室外跑道、车库等，并且可以包括移动的车辆、人、鸟、云以及各种环境声音。根据本发明的实施方案，背景环境可以为交互的。例如，使用者可以在开始焊接之前，需要审视 (survey) 背景区域以确保环境适于（例如安全）进行焊接。焊炬和夹具模型 1202 被提供来在虚拟现实空间中建模各种 MWT 160（包括例如枪、具有手工焊条的托架等）。

[0076] 试样模型 1210 被提供来在虚拟现实空间中建模各种 WC 180，WC 180 包括例如平板试样、T- 接头试样、对接 - 接头试样、坡口焊道试样以及管状试样（例如 2 英寸直径的管和 6 英寸直径的管）。底座 / 桌台模型 1206 被提供来在虚拟现实空间中建模 T/S 170 的各种部件，T/S 170 的各种部件包括可调节的桌台 171、底座 172、可调节的臂 173 以及立柱 174。物理界面模型 1201 被提供来在虚拟现实空间中建模焊接使用者界面 130、控制台 135 以及 ODD 150 的各种部件。再者，相对于系统 100，已通过仿真的焊接工艺来形成焊道、焊接接头、在板上的管状焊缝、塞焊焊缝 (plug weld) 或搭接焊缝 (lap weld) 的焊接试样的所得仿真在本文中被称为虚拟焊件。可以提供焊接试样来支持这些情景中的每个。

[0077] 根据本发明的实施方案，实现了虚拟现实空间中的熔池或焊池的仿真，其中所述仿真的熔池具有实时熔融金属流动性和散热特征。根据本发明的实施方案，位于熔池仿真的中心的是运行在 GPU 115 上的焊接物理功能 1211（又叫物理模型）。焊接物理功能采用双移置层技术来准确地建模动态流动性 / 粘滞性 (viscosity)、凝固性、热梯度（吸热与散热）、熔池痕迹 (wake) 以及焊道形状，并且本文结合图 14A-14C 对此进行更详细的描述。

[0078] 焊接物理功能 1211 与焊道呈现功能 1217 连通，来表现焊道从热熔融状态到冷却

固化状态之间的全部状态。焊道呈现功能 1217 使用来自焊接物理功能 1211 的信息（例如热、流动性、移置、币状体间隔），来准确地且逼真地以实时的方式在虚拟现实空间中呈现焊道。3D 纹理功能 1218 将纹理图 (texture maps) 提供至焊道呈现功能 1217，来使附加的纹理（例如焦痕 (scorching)、熔渣、颗粒 (grain)）覆盖到仿真的焊道上。例如，在焊接过程中或焊接过程刚刚结束，熔渣可以被示出出现于焊道上，并且然后被移动以露出下面的焊道。呈现装置功能 1216 用于使用来自特殊效果模块 1222 的信息表现各种非熔池的具体特征，包括火星 (sparks)、飞溅 (spatter)、烟尘、电弧光、烟和气体以及特定不连贯性（例如咬边和多孔）。

[0079] 内部物理调节工具 1212 是允许各种焊接物理参数针对各种焊接工艺被限定、更新和修改的调整装置。根据本发明的实施方案，内部物理调节工具 1212 运行在 CPU 111 上并且调节的或更新的参数被下载到 GPU 115 中。可以经由内部物理调节工具 1212 被调节的参数类型包括与焊接试样相关联的参数、允许工艺被改变而无需重置焊接试样（允许形成第二焊道 (pass)）的工艺参数、可以被改变而不会重置整个仿真的各种全局参数以及各种其他参数。

[0080] 图 13 为使用图 1 的虚拟现实系统 100 的训练方法 1300 的实施方案的流程图。所述方法以下列步骤进行：在步骤 1310 中，按照焊接技法相对于焊接试样移动模拟焊接工具；在步骤 1320 中，使用虚拟现实系统在三维空间内追踪模拟焊接工具的位置和定向；在步骤 1330 中，观看所述虚拟现实焊接系统的显示画面，在仿真的模拟焊接工具通过在从所述仿真的模拟焊接工具射出的仿真的电弧附近形成仿真的熔池，来将仿真的焊道材料堆积到所述仿真的焊接试样的至少一个仿真的表面上时，所述显示画面示出所述模拟焊接工具和所述焊接试样在虚拟现实空间中的实时虚拟现实仿真；在步骤 1340 中，在所述显示画面上观看所述仿真的熔池的实时熔融金属流动性和散热特征；在步骤 1350 中，响应于观看所述仿真的熔池的所述实时熔融金属流动性和散热特征而实时地改变所述焊接技法的至少一个方面。

[0081] 方法 1300 图示说明使用者如何能够观看虚拟现实空间中的熔池并响应于观看仿真的熔池的各种特征（包括实时熔融金属流动性（例如粘滞性）和散热）而改变其焊接技法。使用者还可以观看并响应于其他特征，包括实时熔池痕迹和币状体间隔。观看并响应于熔池的特征是大多数的焊接操作是如何在真实世界中实际上被执行的。焊接物理功能 1211 的双移置层模型运行在 GPU 115 上，允许这样的实时熔融金属流动性和散热特征被准确地建模并向使用者展示。例如，散热确定固化时间（即焊元需要多少时间彻底地固化）。

[0082] 另外，使用者可以使用相同或不同的（例如第二）模拟焊接工具和 / 或焊接工艺，在虚拟焊件的焊道材料上完成第二焊道。在这样的第二焊道情景中，在仿真的模拟焊接工具通过在从仿真的模拟焊接工具射出的仿真的电弧附近形成第二仿真的熔池，堆积与第一仿真的焊道材料结合的第二仿真的焊道材料时，所述仿真示出虚拟现实空间中的所述仿真的模拟焊接工具、焊接试样以及原始的仿真焊道材料。可以以类似的方式形成使用相同或不同的焊接工具或工艺的附加的后续焊道。根据本发明的特定实施方案，当由先前的焊道材料、新焊道材料以及有可能在下面的试样材料中的任何组合在虚拟现实世界中形成新熔池时，在任一第二或后续焊道中，先前的焊道材料与被堆积的新焊道材料结合，由此改变所得的虚拟焊件。可能需要这样的后续焊道来形成大的填角焊缝或坡口焊缝，例如被执行来

修复由先前的焊道形成的焊道,或者可以包括高温焊道 (hot pass) 和在管焊接中完成焊根焊道后的一个或更多个填充和盖面 (cap) 焊道。根据本发明的各种实施方案,焊道和基底材料可以包括软钢、不锈钢、铝、基于镍的合金或者其他材料。

[0083] 图 14A-14B 根据本发明的实施方案图示说明焊接元 (焊元) 移置图 1420 的概念。图 14A 示出具有平坦顶部表面 1410 的平坦焊接试样 (WC) 1400 的侧视图。焊接试样 1400 以例如塑料部件的形式存在于真实世界中,并且还可以以仿真的焊接试样的形式存在于虚拟现实空间中。图 14B 示出仿真的 WC 1400 的顶部表面 1410 的表征,所述顶部表面 1410 被分解为形成焊元图 1420 的焊接元 (即焊元) 的网格或阵列。每个焊元 (例如,焊元 1421) 限定焊接试样的表面 1410 的一小部分。焊元图限定了表面分辨率。可改变的通道 (channel) 参数值被分配给每个焊元,允许每个焊元的值于仿真的焊接工艺期间,在虚拟现实焊缝空间中以实时的方式动态地改变。所述可改变的通道参数值对应于通道熔池 (熔融金属流动性 / 粘滞性移置)、热 (吸热 / 散热)、移置 (固体移置)、以及额外内容 (各种额外状态,例如熔渣、颗粒、焦痕、原始金属 (virgin metal))。本文中将这些可改变的通道称为 PHED, PHED 分别对应熔池、热、额外内容以及移置。

[0084] 图 15 图示说明仿真于图 1 的系统 100 中的图 14 的平坦焊接试样 (WC) 1400 的试样空间和焊缝空间的示例性实施方案。点 0、X、Y 和 Z 限定局部 3D 试样空间。总地来说,每种试样类型限定从 3D 试样空间到 2D 虚拟现实焊缝空间的映射。图 14 的焊元图 1420 为映射到虚拟现实焊缝空间的值的二维矩阵。如在图 15 中所示的,使用者将从点 B 到点 E 进行焊接。在图 15 中,在 3D 试样空间和 2D 焊缝空间二者中示出从点 B 到点 E 的轨迹线。

[0085] 每种类型的试样针对焊元图中的每个位置限定移置的方向。对于图 15 的平坦焊接试样,焊元图 (即,在 Z 方向上) 中的全部位置的移置方向是相同的。为阐明所述映射,在 3D 试样空间和 2D 焊缝空间二者中将焊元图的纹理坐标示为 S、T (有时称为 U、V)。焊元图被映射到并且表征焊接试样 1400 的矩形表面 1410。

[0086] 图 16 图示说明仿真于图 1 的系统 100 的拐角 (T 型接头) 焊接试样 (WC) 1600 的试样空间和焊缝空间的示例性实施方案。拐角 WC 1600 具有在 3D 试样空间中的两个表面 1610 和 1620,所述两个表面 1610 和 1620 如在图 16 所示的被映射到 2D 焊缝空间。同样,点 0、X、Y 和 Z 限定局部 3D 试样空间。为阐明所述映射,在 3D 试样空间和 2D 焊缝空间二者中将焊元图的纹理坐标示为 S、T。如在图 16 中所示的,使用者将从点 B 到点 E 进行焊接。在图 16 中,在 3D 试样空间和 2D 焊缝空间二者中示出从点 B 到点 E 的轨迹线。然而,移置的方向是朝向如在 3D 试样空间中示出的线条 X'-O',如图 16 所示地朝向相对的拐角。

[0087] 图 17 图示说明仿真于图 1 的系统 100 中的管状焊接试样 (WC) 1700 的试样空间和焊缝空间的示例性实施方案。管状 WC 1700 在 3D 试样空间中具有弯曲的表面 1710,所述表面 1710 如图 17 所示地被映射到 2D 焊缝空间。同样,点 0、X、Y 和 Z 限定局部 3D 试样空间。为阐明所述映射,在 3D 试样空间和 2D 焊缝空间二者中将焊元图的纹理坐标示为 S、T。如在图 17 中所示的,使用者将从点 B 到点 E 沿弯曲的轨迹进行焊接。在图 17 中,分别在 3D 试样空间和 2D 焊缝空间示出从点 B 到点 E 的轨迹曲线和线。移置的方向远离线条 Y-O (即远离管的中心)。图 18 图示说明图 17 的管焊接试样 (WC) 1700 的示例性实施方案。管状 WC 1700 由非铁的、不导电的塑料制成,并且仿真聚到一起形成焊根接缝 1703 的两个管状部件 1701 和 1702。还示出用于附接 T/S 170 的臂 173 的附接部件 1704。

[0088] 以与纹理图可以被映射到几何结构的矩形表面区域的类似方式,可焊接焊元图可以被映射到焊接试样的矩形表面。在与图像的每个元被称作像元(图像元的缩写)相同的意义上,可焊接图的每个元被称作焊元。像元包含限定颜色(例如红色、绿色、蓝色等)的信息通道。焊元包含限定在虚拟现实空间中可焊接表面的信息通道(例如P、H、E、D)。

[0089] 根据本发明的实施方案,焊元的格式被归结为包含四个浮点数的通道PHED(熔池、热、额外内容、移置)。额外的通道被用作储存关于焊元的逻辑信息(例如,在所述焊元位置是否存在任何熔渣)的一组二进制数。熔池通道储存针对所述焊元位置的任何液化的金属的移置值。移置通道储存针对所述焊元位置的固化的金属的移置值。热通道储存给出在所述焊元位置的热量级的值。以这种方式,试样的可焊接部分可以示出因被焊接的焊道而产生的移置、因液态金属而产生的闪烁的表面“熔池”、因热而产生的颜色等。所有这些效果均通过被施加到可焊接的表面的顶点着色器和像元着色器来实现。根据本发明的可替换的实施方案,焊元还可以包括可以在焊接仿真期间(例如,由于输入至焊元的热)变化的特殊的冶金特性。这样的冶金特性可以被用来仿真焊件的虚拟测试或虚拟检验。

[0090] 根据本发明的实施方案,使用移置图和粒子系统,其中粒子可以彼此相互作用并碰撞移置图。所述粒子是虚拟的动态流体粒子并且提供熔池的液体行为,但不是直接地呈现(即不是视觉上直接可见的)。相反,只有在所述移置图上的粒子作用是在视觉上可见的。输入到焊元的热影响邻近粒子的运动。涉及仿真熔池的有两种类型的移置,这两种类型的移置包括熔池和移置。熔池是“临时的”并且仅持续于存在粒子并出现热的时候。移置是“永久的”。熔池移置是快速变化(例如闪烁)的焊缝液态金属并且可以被看作是在移置的“顶部”。粒子覆盖虚拟表面移置图(即焊元图)的一部分。移置表征永久的固体金属,所述永久的固体金属包括最初的基底金属和已固化的焊道二者。

[0091] 根据本发明的实施方案,在虚拟现实空间中仿真的焊接工艺以下方式工作:粒子从薄型锥状部件中的发射器(仿真的MWT 160的发射器)流出。所述粒子第一次接触仿真的焊接试样的表面,其中所述表面由焊元图限定。所述粒子彼此相互作用且与焊元图相互作用,并且以实时的方式累积起来。焊元越靠近发射器,则加的热越多。热根据与电弧点的距离和热从电弧输入的时间量被建模。特定图形部分(例如颜色等)是由热驱动的。针对足够高温的焊元,在虚拟现实空间中绘制或呈现熔池。无论何处只要足够热,焊元图液化,导致针对这些焊元位置熔池移置“升起”。通过在每个焊元位置采样“最高的”粒子来确定熔池移置。当发射器沿焊缝轨迹前进时,留下的焊元位置冷却。热以特定速率从焊元位置被移除。当达到冷却阈值时,焊元图固化。这样,熔池移置逐渐被转化为移置(即固化的焊道)。增加的移置等于去除的熔池,从而整体高度并未改变。调整或调节粒子的寿命以在固化完成之前得以存留。被建模于系统100中的特定粒子特性包括吸引/排斥、速度(相对于热)、润湿(相对于散热)、方向(相对于重力)。

[0092] 图19A-19C图示说明图1的系统100的双移置(移置和粒子)熔池模型的概念的示例性实施方案。在虚拟现实空间内仿真具有至少一个表面的焊接试样。在虚拟现实空间内仿真焊接试样的表面,形成包括固体移置层和熔池移置层的双移置层。熔池移置层能够改变固体移置层。

[0093] 如本文所描述的,“熔池”由焊元图的一区域限定,其中熔池值已经由于粒子的存在而提高。采样过程被表征于图19A-19C。示出焊元图的一具有七个邻近焊元的区段。当

前的移置值由具有给定高度的无阴影的矩形条 1910 (即, 针对每个焊元的给定的移置) 表征。在图 19A 中, 粒子 1920 被示为与当前移置水平面碰撞的圆形无阴影的点并且被堆集。在图 19B 中, “最高的”粒子高度 1930 在每个焊元位置被采样。在图 19C 中, 带阴影的矩形 1940 示出由于粒子的缘故, 移置的顶部上已增加多少熔池。由于熔池以基于热的特定液化率被增加, 焊缝熔池高度不会立即被置为采样的值。尽管未在图 19A-19C 中示出, 使所述固化过程可视化是可能的, 如熔池(带阴影的矩形)逐渐缩小而移置(无阴影的矩形)从下面逐渐增大以正好替换所述熔池。以这种方式, 实时熔融金属流动性特征被准确地仿真。当使用者练习特定焊接工艺时, 使用者能够在实时虚拟现实空间中观察熔池的熔融金属流动性特征和散热特征, 并且使用该信息来调节或保持其焊接技法。

[0094] 表征焊接试样的表面的焊元的数目是固定的。另外, 如本文所描述的, 由仿真生成来建模流动性的熔池粒子是临时的。因而, 一旦使用系统 100 在仿真的焊接工艺期间于虚拟现实空间内生成原始熔池, 焊元加上熔池粒子的数目往往是保持相对恒定的。这是因为在焊接工艺期间, 正在被处理的焊元的数目是固定的, 并且由于熔池粒子以相似的速率(即熔池粒子是临时的)正被创建和“销毁”, 存在的且正在被处理的熔池粒子的数目趋于保持相对恒定。因此, 在仿真的焊接阶段期间, PPS 110 的处理负载保持相对恒定。

[0095] 根据本发明可替换的实施方案, 熔池粒子可以被生成在焊接试样的表面中或在焊接试样的表面下方。在这样的实施方案中, 移置可以相对于初始(即未被焊接的)试样的原始表面移置为正向或负向的方式被建模。以这种方式, 熔池粒子可以不仅在焊接试样的表面上建立, 还可以熔透焊接试样。然而, 焊元的数目仍是固定的, 并且被创建和销毁的熔池粒子仍是相对恒定的。

[0096] 根据本发明可替换的实施方案, 可以提供具有更多通道的焊元移置图来建模熔池的流动性而不是建模粒子。或者, 可以建模稠密的体元图 (voxel map) 而不是建模粒子。或者, 可以只建模被采样并且永远不会消失的粒子, 而不是建模焊元图。然而, 这样的可替换实施方案可能不为系统提供相对恒定的处理负载。

[0097] 此外, 根据本发明的实施方案, 通过将材料移走来仿真穿透 (blowthrough) 或透孔 (keyhole)。例如, 如果使用者在真实世界中将电弧保持在同一位置过长时间, 材料将会烧掉造成孔洞。这样的真实世界穿透通过焊元抽选技术 (decimation techniques) 被仿真于系统 100。如果由一焊元吸收的热量被系统 100 确定为太高, 该焊元可以被标记或被指定为是被烧掉的并且以此进行呈现 (例如被呈现为孔洞)。然而, 接下来, 针对特定焊接工艺 (例如管焊接) 可以发生焊元重建, 其中在最初被烧掉后, 材料被添加回去。总之, 系统 100 仿真焊元抽选 (将材料移走) 和焊元重建 (即将材料添加回去)。另外, 在焊根焊道焊接中移除材料的操作被适当地仿真于系统 100。

[0098] 另外, 在焊根焊道焊接中移除材料的操作被适当地仿真于系统 100。例如, 在真实世界中, 在进行后续焊接行程之前, 可以执行焊根焊道的打磨。类似地, 系统 100 可以仿真将材料从虚拟焊接接缝移除的打磨行程操作。要理解的是, 被移除的材料可以被建模为焊元图上的负向移置。也就是说, 移除材料的打磨焊道操作由系统 100 建模, 导致改变的焊道轮廓。打磨行程操作的仿真可以是自动的, 这也就是说, 系统 100 移除一预先确定厚度的材料, 所述预先确定厚度的材料可以是对应焊根焊道的焊道表面。

[0099] 在可替换的实施方案中, 实际打磨工具或磨机 (grinder) 可以被仿真为通过模拟

焊接工具 160 或另一输入装置的激活而启用或关闭。注意的是，打磨工具可以被仿真来效仿 (resemble) 真实世界的磨机。在该实施方案中，使用者沿焊根焊道操纵 (maneuver) 打磨工具以响应所述打磨工具的运动而移除材料。要理解的是，使用者可以被允许移除过多的材料。以与上述类似的方式，如果使用者打磨掉过多的材料则可能导致孔洞或其他 (上述的) 缺陷。再有，可以实现 (即被编程) 强制限位或停止，来防止使用者移除过多的材料或在过多的材料正被移除时进行提示。

[0100] 根据本发明的实施方案，除本文所描述的不可视的“熔池”粒子外，系统 100 还使用其他三种类型的可视粒子来表征电弧效果、火焰效果以及火星效果。这些类型的粒子不会与任何类型的其他粒子相互作用，而仅会与移置图相互作用。尽管这些粒子确实与仿真的焊接表面碰撞，但它们彼此不会相互作用。根据本发明的实施方案，仅有熔池粒子会彼此相互作用。火星粒子的物理特征被这样设置，从而在虚拟现实空间中火星粒子四处跳窜并且被呈现为发光的点 (glowing dots)。

[0101] 电弧粒子的物理特征被这样设置，从而电弧粒子撞击 (hit) 仿真的试样表面或焊道并且停留一段时间。电弧粒子在虚拟现实空间中被呈现为较大的暗青白色点。采用许多叠加的这样的点来形成任一种可视图像。最终结果是具有蓝色边缘的白色发光光环 (nimbus)。

[0102] 火焰粒子的物理特征被建模来缓慢地向上升起。火焰粒子被呈现为中等大小的暗红黄色点。采用许多叠加的这样的点来形成任一种可视图像。最终结果是向上升起并淡出的 (fading out) 具有红色边缘的橙红色火焰团。根据本发明的其他实施方案，其他类型的非熔池粒子可以被实现在系统 100 中。例如，可以以与火焰粒子类似的方式建模并仿真烟尘粒子。

[0103] 仿真的可视化过程中最后的步骤由 GPU 115 (见图 11) 的着色器 117 所提供的顶点着色器和像元着色器来处理。顶点着色器和像元着色器提供熔池和移置以及由于热而改变的表面颜色和发射率等。如本文前面所述的 PHED 焊元格式中的额外 (E) 通道包含每个焊元处所使用的所有额外信息。根据本发明的实施方案，额外信息包括非初始位 (真=焊道，假=初始钢铁)、熔渣位、咬边值 (在该焊元处咬边的量，其中零等于无咬边)、多孔值 (在该焊元处多孔的量，其中零等于无多孔)，以及编码焊道固化时间的所述焊道痕迹 (wake) 值。存在一组与不同试样画面相关联的图像映射，包括初始钢铁、熔渣、焊道和多孔。这些图像映射被用于凹凸映射和纹理映射二者中。这些图像映射融合 (blending) 的量由本文所描述的各种标记和值来控制。

[0104] 使用 1D 图像映射以及每个焊元焊道痕迹值实现焊道痕迹效果，所述每个焊元焊道痕迹值编码焊道的给定部分 (a given bit) 被固化的时间。一旦高温熔池焊元位置不再是被称为“熔池”的足够高温，时间被保存在该位置并且被称为“焊道痕迹”。最终结果是着色器代码能够使用 1D 纹理映射来绘制“波痕 (ripples)”，所述“波痕”给焊道以刻画 (portray) 所述焊道被铺设的方向的其独特的外观。根据本发明可替换的实施方案，系统 100 能够在虚拟现实空间内仿真并显示焊道，所述焊道具有当所述仿真的熔池沿着焊缝轨迹移动时由所述仿真的熔池的实时流动性到固化过渡造成的实时焊道痕迹特征。

[0105] 根据本发明可替换的实施方案，系统 100 能够教导使用者如何对焊接机器进行故障排解 (troubleshoot)。例如，系统的故障排解模式可以训练使用者确保其正确地 (例如

正确的气体流率、连接正确的电源线等)设置所述系统。根据本发明另一可替换的实施方案,系统 100 能够记录并重放焊接过程(或者至少焊接过程的一部分,例如 N 帧)。可以提供轨迹球(track ball)来滚动视频的帧,允许使用者或者指导人员评论焊接过程。还可以以可选择的速度(例如全速、半速、四分之一速度)提供重放。根据本发明的实施方案,可以提供分屏(split-screen)重放,例如允许在 ODD 150 上并排地(side-by-side)观看两个焊接过程。例如出于对比的目的,“好的”焊接过程可以靠近“差的”焊接过程被观看。

[0106] 虚拟测试和检验

[0107] 本发明的实施方案包括一种用于虚拟焊件的虚拟测试与检验的系统。所述系统包括可操作来执行编码指令的基于可编程处理器的子系统。所述编码指令包括呈现引擎以及分析引擎。所述呈现引擎被配置来呈现在仿真的测试之前的三维(3D)虚拟焊件、在仿真的测试之下的虚拟焊件的3D动画以及在仿真的测试之后的3D虚拟焊件中的至少一个。所述分析引擎被配置来进行3D虚拟焊件的仿真的测试。所述仿真的测试可以包括仿真的破坏性测试和仿真的非破坏性测试中的至少一个。所述分析引擎还被配置来对在仿真的测试之前的3D虚拟焊件、在仿真的测试之下的虚拟焊件的3D动画以及在仿真的测试之后的3D虚拟焊件中的至少一个进行针对合格/不合格条件和缺陷/不连贯性特征中的至少一个的检验。所述系统还包括至少一个显示装置,所述至少一个显示装置被可操作地连接到所述基于可编程处理器的子系统,用来显示在仿真的测试之前的3D虚拟焊件、在仿真的测试之下的虚拟焊件的3D动画以及在仿真的测试之后的3D虚拟焊件中的至少一个。所述系统还包括使用者界面,所述使用者界面被可操作地连接到所述基于可编程处理器的子系统,并且被配置来在所述至少一个显示装置上至少操纵在仿真的测试之前的3D虚拟焊件、在仿真的测试之下的虚拟焊件的3D动画以及在仿真的测试之后的3D虚拟焊件中的至少一个的定向(orientation)。所述基于可编程处理器的子系统可以包括中央处理单元以及至少一个图形处理单元。所述至少一个图形处理单元可以包括统一计算设备架构(CUDA)以及着色器。所述分析引擎可以包括专家系统、支持向量机(SVM)、神经网络以及一个或更多个智能代理中的至少一个。所述分析引擎可以使用焊接代码数据或焊接标准数据来分析在仿真的测试之前的3D虚拟焊件、在仿真的测试之下的虚拟焊件的3D动画以及在仿真的测试之后的3D虚拟焊件中的至少一个。所述分析引擎还可以包括程序化的虚拟检验工具,所述程序化的虚拟检验工具可以被使用所述使用者界面的使用者触及和操纵,以检验虚拟焊件。

[0108] 本发明的另一实施方案包括一种虚拟焊接测试及检验仿真器。所述仿真器包括用于对呈现的3D虚拟焊件进行一个或更多个仿真的破坏性和非破坏性测试的装置。所述仿真器还包括用于分析对所述呈现的3D虚拟焊件的所述一个或更多个仿真的破坏性和非破坏性测试的结果的装置。所述仿真器还包括用于至少在所述3D虚拟焊件的仿真的测试之后检验所述呈现的3D虚拟焊件的装置。所述仿真器还可以包括用于呈现3D虚拟焊件的装置。所述仿真器还可以包括用于在进行所述一个或更多个仿真的破坏性和非破坏性测试的同时呈现所述虚拟焊件的3D动画的装置。所述仿真器还可以包括用于显示和操纵所述虚拟焊件的所述3D动画的定向的装置。所述仿真器还可以包括用于检验在所述3D虚拟焊件的仿真的测试之前、期间以及之后的3D虚拟焊件的装置。

[0109] 本发明的又一实施方案包括一种评估在虚拟现实空间中呈现的基线虚拟焊件的质量的方法。所述方法包括使所述基线虚拟焊件经受第一计算机仿真的测试,所述第一计

算机仿真的测试被配置来测试所述基线虚拟焊件的至少一个特征。所述方法还包括呈现第一受测试的虚拟焊件，并且响应于所述第一测试生成第一测试数据。所述方法还包括使所述第一受测试的虚拟焊件和所述第一测试数据经受计算机仿真的分析，所述计算机仿真的分析被配置来相对于所述至少一个特征确定所述第一受测试的虚拟焊件的至少一个合格 / 不合格条件。所述第一计算机仿真的测试可以仿真真实世界破坏性测试或真实世界非破坏性测试。所述方法还可以包括在虚拟现实空间中重新呈现所述基线虚拟焊件，使所述基线虚拟焊件经受第二计算机仿真的测试，所述第二计算机仿真的测试被配置来测试所述基线虚拟焊件的至少一个其他特征，呈现第二受测试的虚拟焊件，并且响应于所述第二测试生成第二测试数据，并且使所述第二受测试的虚拟焊件和所述第二测试数据经受计算机仿真的分析，所述计算机仿真的分析被配置来相对于所述至少一个其他特征确定所述第二受测试的虚拟焊件的至少一个其他合格 / 不合格条件。所述第二计算机仿真的测试可以仿真真实世界破坏性测试或真实世界非破坏性测试。所述方法还可以包括手动检验所述呈现的第一受测试的虚拟焊件的显示的版本。所述方法还可以包括手动检验所述呈现的第二受测试的虚拟焊件的显示的版本。

[0110] 根据本发明的实施方案，在虚拟现实空间中形成的完整的虚拟焊件可以针对焊缝缺陷进行分析，并且可以做出关于这样的焊件是否会通过或不通过标准行业测试的结论。特定的缺陷可以在所述焊件内的特定的位置内造成特定类型的不合格。作为虚拟焊接工艺的一部分，表征任何缺陷和不连贯性的数据通过使用虚拟现实焊接仿真器系统（例如，虚拟现实弧焊（VRAW）系统）预先限定虚拟焊件或创建虚拟焊件被捕获为所述虚拟焊件的限定（definition）的部分。

[0111] 再者，基于预先限定的焊接代码和标准（例如，AWS 焊接标准），对任何特定的测试的合格 / 不合格的准则是先验得知的（known apriori）。根据本发明的实施方案，创建动画以允许虚拟焊件的仿真的破坏性或非破坏性测试的可视化。可以以许多不同的方式测试相同的虚拟焊件。虚拟焊件的测试与检验可以发生在本文稍后具体描述的虚拟现实焊接仿真器系统（例如，虚拟现实弧焊（VRAW）系统）上。虚拟焊件的检验可以发生在本文稍后具体描述的独立式虚拟焊件检验（VWI）系统上。

[0112] VRAW 系统能够允许使用者通过仿真焊接情景实时创建虚拟焊件，犹如使用者实际上在焊接一样，并且捕获所有限定虚拟焊件的所得数据（resultant data），包括缺陷和不连贯性。VRAW 系统还能够进行虚拟焊件的虚拟破坏性和非破坏性测试与检验以及虚拟焊件的材料测试和检验。独立式 VWI 系统能够使用 VRAW 系统输入预先限定的虚拟焊件或被创建的虚拟焊件，并且能够进行虚拟焊件的虚拟检验。根据本发明的实施方案，三维虚拟焊件或部件可以得自计算机辅助设计（CAD）模型。因此，可以在不规则几何结构上针对具体的部件仿真测试与检验。根据本发明的实施方案，VRAM 系统还能够进行预先限定的虚拟焊件的虚拟检验。例如，VRAM 系统可以包括预先形成的虚拟焊件，学员可以参照所述预先形成的虚拟焊件以便学习好的焊缝看起来应当是如何的。

[0113] 各种类型的焊接不连贯性和缺陷包括本领域均熟知的不适当的焊缝大小、不佳的焊道（bead）布置、凹入的焊道、过于外凸、咬边（undercut）、多孔（porosity）、未焊透、夹渣（slag inclusion）、过度飞溅、过度填充（overfill）、裂缝以及烧穿或焊穿。例如，咬边通常是由不正确的焊接角度造成的。多孔是由固化期间的夹气（gas entrapment）形成的空

腔类不连贯，通常是由电弧过于远离焊件移动而造成的。其他问题可能由于不正确的工艺（填充材料、焊丝尺寸或技法，所有这些均可以被仿真）而发生。

[0114] 可以进行的各种类型的破坏性测试包括本领域均熟知的焊根弯曲测试、表面弯曲测试、侧面弯曲测试、拉力或拉伸测试、断裂测试（例如，凹口断裂测试或 T-接头断裂测试）、冲击测试以及硬度测试。针对这些测试中的多个，工件从所述焊件切断，并且在该工件上进行测试。例如，焊根弯曲测试是将从所述焊件切下的工件弯曲以至于焊缝焊根在具有特定的弯曲半径的凸面上的测试。侧面弯曲测试是将焊件弯曲以至于焊缝的横断面的侧面在具有特定的弯曲半径的凸面上的测试。表面弯曲测试是将焊件弯曲以至于焊缝表面在具有特定的弯曲半径的凸面上的测试。

[0115] 进一步的破坏性测试是拉力或拉伸测试，其中从焊件割下的工件被拉伸或被伸展直到焊缝断裂，来测试焊缝的弹性极限和拉力强度。另一破坏性测试是断裂测试。断裂测试中的一种类型是对具有以 90 度彼此焊接在一起以形成 T-接头的两段的焊件的测试，其中一段朝向另一段被弯起来，以确定焊缝是否断裂。如果焊缝断裂，则可以检验内部焊道。冲击测试是冲击元件在各种温度下被强制进入焊件来确定焊件抵抗冲击能力的测试。焊件在静负荷下可以具有良好的强度，然而如果经受高速冲击，焊件可能折断。例如，摆锤装置可以用来不停摇摆并且撞击焊件（可能使焊件断裂），并且被称为沙比冲击测试 (Charpy impact test)。

[0116] 进一步的破坏性测试是硬度测试，所述硬度测试测试焊件抵抗在焊接接缝处的缩进或穿透的能力。焊件的硬度取决于在焊接接缝处的所得冶金特性，这部分基于焊接接缝如何在热影响区域冷却。硬度测试的两种类型是布氏硬度测试 (Brinell test) 和洛氏硬度测试 (Rockwell test)。两种测试使用具有硬球体或尖的金刚石刻刀的穿头。所述穿头在标准化的负荷下被施加到焊缝。当所述负荷被移除时，测量穿透深度。可以在周围的金属中的数个点处进行所述测试，并且所述测试是潜在裂缝的良好的指示器。破坏性测试的又一类型是在管上的弯曲测试，其中焊接的管被切割来从管的四个象限的每个中取出工件。焊根弯曲在工件中的两个上进行，并且表面弯曲在其他两个工件上进行。

[0117] 可以进行的非破坏性测试的各种类型包括射线照相测试和超声波测试。在射线照相测试中，所述焊件被暴露到 X-射线，并且生成可以被检查的焊接接缝的 X-射线图像。在超声波测试中，焊件被暴露到超声波能量，并且焊接接缝的各种特性从反射的超声波中得出。针对特定类型的非破坏性测试，焊件（以虚拟的方式）经受 X-射线或超声波暴露，并且例如内部的多孔、夹渣、未穿透的缺陷被可视地呈现给使用者。另一类型的非破坏性测试是可以以虚拟现实的方式仿真的染色渗透测试或液体渗透测试。焊件经受染色材料，并且焊件然后被暴露到显影剂来确定例如是否表面存在非肉眼可见的裂缝。进一步的非破坏性测试是磁性粒子测试，所述磁性粒子测试还用来检测裂缝，并且可以以虚拟现实的方式仿真。在焊件的表面之下小裂缝可以由输入到焊件的不适当的热创建。根据本发明的实施方案，行进速度和其他焊接工艺参数在虚拟现实环境中被追踪，并且被用来确定输入到焊件的热，并且从而确定可以使用虚拟非破坏性测试被检测的在焊件的表面附近的裂缝。

[0118] 另外，可以在仿真的结构中进行焊件的仿真。例如，由 VRAW 系统的使用者创建的具有虚拟焊接接缝的虚拟焊件可以被包括到用于测试的桥梁的虚拟仿真中。例如，虚拟焊件可以对应于桥梁的关键结构元件。桥梁可以被指定为在不合格之前的上一百年。所述测

试可以包括随着时间（即虚拟时间）的流逝观察桥梁来看焊件是否不合格。例如，如果焊件具有差的质量（即，具有令人无法接受的不连贯性或缺陷），所述仿真可以示出桥梁在 45 年后塌倒的动画。

[0119] 图 1-19C 公开了能够在虚拟现实空间中仿真的虚拟现实弧焊 (VRAW) 系统 100 的实施方案，实时焊接情景包括由使用者（焊接者）实现的虚拟焊件的形成以及与焊件相关联的各种缺陷和不连贯性特征，并且仿真虚拟焊件的测试与检验以及显示在测试之下的虚拟焊件的动画以观察效果。VRAW 系统能够创建焊件的精细的虚拟呈现，并且进行所述虚拟呈现的精细的分析，该分析将虚拟焊件的各种特征与焊接代码相比较。

[0120] 虚拟检验可以在 VRAW 系统上以多种不同方式中的任何一种或多种不同方式的组合实现。根据本发明的实施方案，VRAW 系统包括专家系统，并且 VRAW 系统由一组规则驱动。专家系统是这样的软件，即试图提供问题的答案，或者阐明通常需要向一个或多个人类专家咨询的不确定性。专家系统在特殊的问题领域中是最普通的，并且是传统的应用和 / 或人工智能的子领域。各种各样的方法可以被用来仿真专家的表现，然而，对很多人来说通常 是 1) 知识库的创建，所述知识库使用一些知识表达形式体系来获得主题专家 (SME) 的知识（例如，持有证件的焊接检验者的知识），以及 2) 从 SME 收集知识并且根据形式体系编写该知识的过程，被称之为知识工程。专家系统可以具有或可以不具有学习部件，而第三常见的要素 (a third common element) 是这样的，即一旦系统被开发，通过被置于与人类 SME 相同的真实世界问题解决情形中而被证实的是，一般地对人类工人起到辅助作用或对一些信息系统起到补充的作用。

[0121] 根据本发明的另一实施方案，VRAW 系统包括支持向量机。多个支持向量机 (SVM) 是一套用于分类和回归的相关的监督式学习方法。考虑到一套训练实例的每个被标记为属于两个类别中的一个，SVM 训练算法建立预测一新的实例是否落入一个类别或其他类别（例如针对特定的缺陷和不连贯性的合格 / 不合格类别）的模型。直观地，SVM 模型是作为空间映射点的实例的表征，从而分开的类别的实例被尽可能宽的明显的间隙所划分开。新的实例则被映射到这一相同的空间中，并且基于这些新的实例落入该间隙的哪一侧来预测为属于一类别。

[0122] 仍根据本发明的又一实施方案，VRAW 系统包括神经网络，所述神经网络能够被训练并且被适应到新的情景。神经网络由互相连接的人工神经元（模仿生物神经元的特性的程序化构造）构成。神经网络可以被用来获得生物神经网络的认知，或用于解决人工智能问题而不必创建真实生物系统模型。根据本发明的实施方案，神经网络被这样设计，即从虚拟焊件数据输入缺陷和不连贯性，并且输出合格 / 不合格数据。

[0123] 根据本发明的各种实施方案，可以采用智能代理 (intelligent agent) 给学员提供关于学员需要更多练习的区域的反馈，或者给指导者或教学者提供关于如何修改教学课程来改善学员学习的反馈。在人工智能中，智能代理是通常在软件中实施的自治实体，所述自治实体观察并且作用于环境，并且朝向要达到的目标引导其行动。智能代理能够学习并且使用知识来实现目标（例如将相关反馈提供给焊接学员或焊接教学者的目标）。

[0124] 根据本发明的实施方案，使用 VRAW 系统创建的焊件的虚拟呈现被输出至系统的破坏性 / 非破坏性测试部分。系统的测试部分能够自动生成（针对破坏性测试的）虚拟焊件的切割段，并且将那些切割段提交至 VRAW 系统的测试部分之内的多个可能的测试中的

一个。多个测试中的每个能够生成图示说明特定的测试的动画。VRAW 系统能够向使用者显示测试的动画。动画向使用者清楚地示出由使用者生成的虚拟焊件是否通过测试。针对非破坏性测试，焊件（以虚拟的方式）经受 X- 射线或超声波暴露，并且诸如内部多孔、夹渣以及未穿透的缺陷被可视地呈现给使用者。

[0125] 例如，经受虚拟弯曲测试的虚拟焊件可以被示出在动画中在虚拟焊件的焊接接缝中发生特定类型缺陷的位置处断裂。作为另一个实施例，经受虚拟弯曲测试的虚拟焊件可以被示出在所述动画中弯曲并且破裂，或者尽管焊件没有完全断裂，在动画中示出大量缺陷。相同的虚拟焊件可以针对不同的测试使用虚拟焊件的相同的切割段（例如，切割段可以是由 VRAW 系统重新构成的或重新呈现的）或不同的切割段反复被测试。根据本发明的实施方案，虚拟焊件用冶金特征标记，例如，举例说明，纳入特定选择的破坏性 / 非破坏性测试进行考虑的金属类型以及拉力强度。根据本发明的各种实施方案，仿真各种常见的基底焊接金属，包括例如铝和不锈钢的焊接金属。

[0126] 根据本发明的实施方案，背景运行专家系统可以在 VRAW 系统的显示画面上的窗口中弹出并且（例如，经由文本消息和 / 或用图形表示地）向使用者指出焊件为何未通过所述测试（例如，在焊接接缝中的这些特定的点处有太多的孔）以及什么特定的焊接标准（一个或多个）未满足。根据本发明的另一实施方案，VRAW 系统可以以超文本的形式链接到将目前的测试约束到特定焊接标准的外部工具。另外，使用者可以利用知识库（包括文本、图片、视频以及图表）来支持其训练。

[0127] 根据本发明的实施方案，特定的破坏性 / 非破坏性测试的动画是随着测试的改变的虚拟焊件的 3D 呈现，以至于在测试期间，使用者可以以三维的方式在 VRAW 系统的显示画面上四处移动呈现的虚拟焊件，以从各个角度和视角观看所述测试。特定测试的相同的 3D 呈现的动画可以反复播放，以针对相同使用者或针对多个使用者允许最大的训练好处。

[0128] 根据本发明的实施方案，在测试之下的呈现的虚拟焊件和 / 或虚拟焊件的对应的 3D 呈现的动画可以被输出到系统的检验部分，以进行焊缝的检验和 / 或在焊接检验方面训练使用者（例如，以成为持有证件的焊接检验员）。系统的检验部分包括教学模式和训练模式。

[0129] 在教学模式下，在测试之下的虚拟焊件和 / 或虚拟焊件的 3D 呈现的动画被显示并且被评分者（训练者）与焊接学员一起观看。训练者和焊接学员能够观看并且与虚拟焊件进行交互。训练者能够（例如，经由计分方法）做出焊接学员在识别虚拟焊件中的缺陷和不连贯性方面表现得如何的结论，并且向焊接学员指出该焊接学员表现得如何以及（从不同的视角观看等）通过与显示的虚拟焊件进行交互指出该学员遗漏了什么内容。

[0130] 在训练模式下，系统询问焊接检验学员各种关于虚拟焊件的问题，并且允许焊接检验学员输入问题的答案。系统可以在提问结束时对焊接检验学员给出评分。例如，系统最初可以针对一个虚拟焊件给焊接检验学员提供样本问题，并且然后针对在测试模式期间被评分的另一虚拟焊件继续给焊接检验学员提供限时的问题。

[0131] 系统的检验部分还可以提供特定的交互工具，所述特定的交互工具帮助焊接检验学员或训练者检测缺陷，并且在虚拟焊缝上进行与预先确定的焊接标准相比的特定的测量（例如，测量焊根焊缝的熔深以及将所述测量值与要求的标准熔深相比的虚拟计量器）。焊接检验学员的评分还可以包括焊接检验学员是否使用正确的交互工具来评价所述焊缝。根

据本发明的实施方案，基于评分（即，计分）的系统的检验部分确定哪些区域焊接检验学员需要帮助，并且给焊接检验学员提供更多的在其上练习检验的代表性的样本。

[0132] 如本文先前所讨论的，智能代理可以被采用来给学员提供关于该学员需要更多练习的区域的反馈，或给指导者或教学者提供关于如何修改教学课程来改善学员的学习的反馈。在人工智能中，智能代理是通常在软件中实施的自治实体，所述自治实体观察并且作用于环境，并且朝向要达到的目标引导其行动。智能代理能够学习并且使用知识来实现目标（例如，将相关反馈提供给焊接学员或焊接教学者的目标）。根据本发明的实施方案，例如，由智能代理感知和作用于的环境是由 VRAW 系统生成的虚拟现实环境。

[0133] 再者，各种交互检验工具可以用于在经受测试之前的虚拟焊件上或在经受测试之后的虚拟焊件上或该两者上。根据本发明的实施方案，各种交互检验工具和方法论针对各种焊接工艺、各种类型的金属以及各种类型的焊接标准被配置。在独立式 VWI 系统上，交互检验工具可以使用例如键盘或鼠标被操纵。在 VRAW 系统上，交互检验工具可以经由例如操纵杆（joystick）和 / 或控制面板被操纵。

[0134] 如本文早先所讨论的，独立式虚拟焊件检验（VWI）系统能够使用 VRAW 系统输入预先限定的虚拟焊件或被创建的虚拟焊件，并且能够进行虚拟焊件的虚拟检验。然而，根据本发明的特定的实施方案，不像所述 VRAW 系统，VWI 系统可能不能够以作为仿真的虚拟焊接工艺的一部分的方式创建虚拟焊件，并且可能能够或可能不能够进行该焊件的虚拟破坏性 / 非破坏性测试。

[0135] 图 20 图示说明独立式虚拟焊件检验（VWI）系统 2000 的示例性实施方案，独立式虚拟焊件检验（VWI）系统 2000 能够仿真虚拟焊件的检验，并且显示在检验之下的虚拟焊件的动画，以观察由于与焊件相关联的各种特征产生的效果。在一个实施方案中，VWI 系统 2000 包括类似于图 1 的 PPS 110 的基于可编程处理器的子系统（PPS）2010。VWI 系统 2000 还包括类似于图 1 的 ODD 150 的观察者显示装置（ODD）2050，观察者显示装置（ODD）2050 可操作地连接到 PPS 2010。VWI 系统 2000 还包括被可操作地连接到 PPS2010 的键盘 2020 和鼠标 2030。

[0136] 在图 20 的系统 2000 的第一实施方案中，PPS 110 提供被配置作为用于提供虚拟焊件的 3D 动画呈现的呈现引擎的硬件和软件。PPS 110 还提供被配置作为用于进行虚拟焊件的测试与检验的分析引擎的硬件和软件。PPS 2010 能够输入表征虚拟焊件的数据，并且使用基于该输入数据进行操作的 PPS 110 的呈现引擎生成用于检验的虚拟焊件的动画的 3D 呈现。虚拟焊件数据可以是“预先备好的”（即预先限定的）虚拟焊件（例如，使用单独的计算机系统生成的）或使用虚拟现实焊接仿真器系统（例如，如本文先前描述的 VRAW 系统）创建的虚拟焊件数据。

[0137] 另外，根据本发明的改进实施方案，PPS 2010 包括先进的分析 / 呈现 / 动画能力，所述先进的分析 / 呈现 / 动画能力允许 VWI 系统 2000 在输入虚拟焊件上进行虚拟破坏性 / 非破坏性测试并且显示类似于 VRAW 系统的测试动画的测试动画。

[0138] 根据本发明的实施方案，使用 VRAW 系统创建的焊件的虚拟呈现被输出至 VWI 系统。VWI 系统的测试部分能够自动生成虚拟焊件的切割段，并且将那些切割段（或未切割的虚拟焊件本身）提交至 VWI 系统的测试部分之内的多个可能的破坏性和非破坏性测试中的一个。多个测试中的每个能够生成图示说明特定的测试的动画。VWI 系统能够向使用者显

示测试的动画。动画向使用者清楚地示出由该使用者生成的虚拟焊件是否通过测试。

[0139] 例如,经受虚拟弯曲测试的虚拟焊件可以被示出在动画中在虚拟焊件的焊接接缝中发生特定类型缺陷的位置处断裂。作为另一实施例,经受虚拟弯曲测试的虚拟焊件可以被示出在动画中弯曲并且破裂,或者尽管焊件没有完全断裂,在动画中示出大量的缺陷。相同的虚拟焊件可以针对不同的测试使用虚拟焊件的相同的切割段(例如,切割段可以是由VWI系统重新构成的)或不同的切割段反复被测试。根据本发明的实施方案,虚拟焊件用冶金特征标记,例如,举例说明,纳入特定选择的破坏性/非破坏性测试进行考虑的金属类型以及拉力强度。

[0140] 根据本发明的实施方案,背景运行专家系统可以在VWI系统的显示画面上的窗口中弹出并且(例如,经由文本消息和/或用图形表示地)向使用者指出焊件为何未通过测试(例如,在焊接接缝中的这些特定的点处有太多的孔)以及什么特定的焊接标准(一个或多个)未满足。根据本发明的另一实施方案,VWI系统可以以超文本的形式链接到将目前的测试约束到特定焊接标准的外部工具。

[0141] 根据本发明的实施方案,特定的破坏性/非破坏性测试的动画是随着测试的改变的虚拟焊件的3D呈现,以至于在测试期间,使用者可以以三维的方式在VWI系统的显示画面上四处移动呈现的虚拟焊件,以从各个角度和视角观看测试。特定测试的相同的3D呈现动画可以反复播放,以针对相同的使用者或针对多个使用者允许最大的训练好处。

[0142] 在图20的VWI系统2000的更简单、不太复杂的实施方案中,PPS 2010能够输入由VRAW系统生成的虚拟破坏性或非破坏性测试的动画的3D呈现,并且出于检验的目的显示所述动画。PPS 2010提供被配置作为用于进行虚拟焊件的检验的分析引擎的硬件和软件。然而,在这一更简单的实施方案中,PPS 2010不提供被配置作为用于提供虚拟焊件的3D动画呈现的呈现引擎的硬件和软件,并且所述分析引擎被限制以支持虚拟焊件的检验。在这样的实施方案中,呈现和测试在其他地方(例如,在VRAW系统上)被实现并且被输入到VWI系统。在这样的更简单的实施方案中,PPS 2010可以是以软件程序化的标准的、现成的个人计算机或工作站来相对于焊接检验进行虚拟检验并且训练。

[0143] 如本文先前所讨论的,虚拟检验可以在VWI系统上以若干不同的方式中的任一种和/或若干不同方式的组合来实现。根据本发明的一个实施方案,VWI系统包括专家系统,并且由一组准则驱动。根据本发明的另一实施方案,VWI系统包括支持向量机。仍根据本发明的又一实施方案,VWI系统包括神经网络和/或智能代理,所述神经网络能够被训练并且被适应于新情景,所述智能代理向学员提供关于该学员需要更多练习的区域的反馈,或给指导者或教学者提供关于如何修改教学课程以改善学员学习的反馈。另外,使用者可以利用知识库(包括文本、图片、视频以及图表)来支持其训练。

[0144] 根据本发明的实施方案,在测试之下的呈现的虚拟焊件和/或虚拟焊件的相应的3D呈现的动画可以被输入至VWI系统,以进行焊缝的检验和/或在焊接检验方面训练使用者(例如,以成为持有证件的焊接检验员)。系统的检验部分包括教学模式和训练模式。

[0145] 在教学模式下,在测试之下的虚拟焊件和/或虚拟焊件的3D呈现的动画被显示并且被评分者(训练者)与焊接学员一起观看。训练者和焊接学员能够观看并且与虚拟焊件进行交互。训练者能够(例如,经由计分方法)做出焊接学员在识别虚拟焊件中的缺陷和不连贯性方面表现得如何的结论,并且向焊接学员指出该焊接学员表现得如何以及(从不

同的视角观看等)通过与显示的虚拟焊件进行交互指出该学员遗漏了什么内容。

[0146] 在训练模式下,系统询问焊接检验学员各种关于虚拟焊件的问题,并且允许焊接检验学员输入问题的答案。系统可以在提问结束时对焊接检验学员给出评分。例如,系统最初可以针对一个虚拟焊件给焊接检验学员提供样本问题,并且然后针对要被评分的另一虚拟焊件继续给焊接检验学员提供限时的问题。

[0147] 系统的检验部分还可以提供特定的交互工具,所述特定的交互工具帮助焊接检验学员或训练者检测缺陷,并且在虚拟焊缝上进行与预先确定的焊接标准相比的特定的测量(例如,测量例如焊根焊缝的熔深以及将所述测量值与要求的标准熔深相比的虚拟计量器(gauge))。焊接检验学员的评分还可以包括焊接检验学员是否使用正确的交互工具来评价所述焊缝。根据本发明的实施方案,基于评分(即,计分)的系统的检验部分确定哪些区域焊接检验学员需要帮助,并且给焊接检验学员提供更多的在其上练习检验的代表性样本。

[0148] 再者,各种交互检验工具可以被用在经受测试之前的虚拟焊件上或经受测试之后的虚拟焊件上或该两者上。根据本发明的实施方案,各种交互检验工具和方法论针对各种焊接工艺、各种类型的金属以及各种类型的焊接标准被配置。在独立式VWI系统2000上,交互检验工具可以使用例如键盘2020和鼠标2030来操纵。交互检验工具的其他实施例包括用于进行喉深(throat)测量的虚拟帕尔姆格伦计量器(Palmgren guage)、用于确定焊脚尺寸的虚拟填角计量器(fillet gauge)、用于进行凸面测量或咬边测量的虚拟VWAC计量器、用于测量裂纹长度的虚拟游标卡尺、用于测量裂纹宽度的虚拟千分尺以及针对检测的用于放大焊缝的一部分的虚拟放大透镜。根据本发明的各种实施方案,其他虚拟交互检验工具也是可能的。

[0149] 图21图示说明方法2100的示例性实施方案的流程图,以评估在虚拟现实空间中呈现的基线虚拟焊件的质量。在步骤2110中,基线虚拟焊件被呈现(或再次被呈现…重新被呈现)。例如,使用者可以采用VRAW系统100来在虚拟部分上练习其焊接技法,并且呈现表征使用者的焊接能力的基线虚拟焊件。正如本文所使用的,术语“虚拟焊件”可以是指如在许多焊接测试中使用的整个虚拟的被焊接的部件或其虚拟切割段。

[0150] 在步骤2120中,基线虚拟焊件经受被配置来测试基线虚拟焊件的特征(一个或多个)的计算机仿真测试(例如,破坏性虚拟测试或非破坏性虚拟测试)。计算机仿真测试可以由例如VRAW系统或VWI系统进行。在步骤2130中,响应于仿真测试,受测试的虚拟焊件被呈现(例如,由于破坏性测试造成的基线虚拟焊件的修正),并且相关联的测试数据被产生。在步骤2140中,受测试的虚拟焊件和测试数据经受计算机仿真分析。计算机仿真分析被配置来相对于虚拟焊件的所述特征(一个或多个)确定受测试的虚拟焊件的合格/不合格条件。例如,基于测试之后的所述特征(一个或多个)的分析做出关于虚拟焊件是否通过弯曲测试的结论。

[0151] 在步骤2150中,使用者做出决定是否检验受测试的虚拟焊件。如果决定是不检测,则在步骤2160中,做出关于是否进行另一项测试的决定。如果决定进行另一项测试,那么所述方法返回到步骤2110,并且基线虚拟焊件被重新呈现,如同先前的测试没有在虚拟焊件上发生过。以这种方式,许多测试(破坏性的和非破坏性的)可以在相同的基线虚拟焊件上被运行,并且针对各种合格/不合格条件被分析。在步骤2150中,如果决定要检验,那么在步骤2170中,受测试的虚拟焊件(即,测试之后的虚拟焊件)被显示给使用者,并且

该使用者可以操纵受测试的虚拟焊件的定向来检验受测试的虚拟焊件的各种特征。在步骤 2180 中,使用者可以触及并且将程序化的检验工具应用到受测试的虚拟焊件来在检验中进行辅助。例如,使用者可以使用测量焊根焊缝的熔深并且将测量值与要求的标准熔深相比的虚拟计量器。在检验之后,再次在步骤 2160 中,决定是否进行另一项测试。如果另一项测试没有被进行,那么所述方法结束。

[0152] 例如,图 22-24 分别示出虚拟焊件 2200 的相同的切割段可以经受仿真的弯曲测试、仿真的拉力或拉伸测试以及仿真的凹口断裂测试。参照图 22,具有焊接接缝 2210 的虚拟焊件 2200 的直的切割段经受仿真的弯曲测试。所述弯曲测试可以被进行来发现各种焊缝性能,例如焊接区域的延展性、焊缝熔深、熔融、(破裂面的)晶体结构以及强度。弯曲测试帮助确定焊缝金属的质量、焊缝接合以及高热影响区。在弯曲测试期间的任何金属的破裂标志着差的熔融、差的熔深或可能造成破裂的一些其他条件。金属的伸长帮助指出焊缝的延展性。破裂的表面露出焊缝的晶体结构。更大的晶体趋在焊接之后指出有缺陷的焊接过程或不充分的热处理。优质的焊缝具有小的晶体。

[0153] 参照图 23,在弯曲测试之后,具有相同焊接接缝 2210 的虚拟焊件 2200 的相同的直的切割段可以被重新呈现,并且经受仿真的拉伸测试。可以进行所述拉伸测试(或拉力测试)来得到焊接的接头的强度。在仿真的测试中,虚拟焊件 2200 被夹持在一端并且在另一端上被拉伸直到虚拟焊件 2200 破裂。使焊件 2200 断裂的拉力负载或牵引力被确定并且可以与标准测量值相比较来进行合格 / 不合格确定。

[0154] 参照图 24,在拉伸测试之后,具有相同焊接接缝 2210 的虚拟焊件 2200 的相同的直的切割段可以被重新呈现并且经受仿真的凹口断裂测试。进行仿真的凹口断裂测试来确定焊接的对接接头的焊缝金属是否具有任何内部缺陷,例如,夹渣、气窝、未焊透以及已氧化的金属。图 24 示出槽被切割到焊缝接头 2210 的各个侧部中。虚拟焊件 2200 被放置为跨两个支撑件并且用锤敲打直到在所述槽之间的焊缝 2210 段破裂。焊缝 2210 的内部金属可以针对缺陷被检验。缺陷可以与标准测量值相比较来进行合格 / 不合格确定。

[0155] 增强的教学和训练

[0156] 一个实施方案提供虚拟现实弧焊系统。系统包括基于可编程处理器的子系统、空间追踪器、至少一个模拟焊接工具以及至少一个使用者界面,所述空间追踪器被可操作地连接到基于可编程处理器的子系统,所述至少一个模拟焊接工具被配置来由空间追踪器在空间上追踪,所述至少一个使用者界面被配置来允许使用者执行将信息输入到所述系统中以及作出选择中的一个或更多个。系统进一步包括通信部件,所述通信部件被可操作地连接到基于可编程处理器的子系统并且被配置来接入外部通信基础设施。另外,虚拟现实焊接系统被配置来响应于使用者请求,使用通信部件经由外部通信基础设施将使用者引导到一个或更多个因特网上与焊接教学和理论相关的预先识别的网站。使用者请求可以由以下内容中的一个或更多个提示:使用者、人类焊接指导者或者被配置在基于可编程处理器的子系统上的智能代理。系统可以进一步包括一个或更多个音频转换器装置,所述音频转换器装置被可操作地连接到基于可编程处理器的子系统并且被配置来便利使用通信部件经由外部通信基础设施在远程位置的使用者和焊接指导者之间的音频通信。系统可以进一步包括一个或更多个视频装置,所述视频装置被可操作地连接到基于可编程处理器的子系统并且被配置来便利使用通信部件经由外部通信基础设施在远程位置的使用者和焊接指导

者之间的可视通信。虚拟现实焊接系统可以被进一步配置来使用通信部件经由外部通信基础设施接收来自在远程位置的远程装置的命令,其中所述命令被配置来指导对虚拟现实焊接系统进行故障检测或者改变虚拟现实焊接系统的设置中的一个或更多个。远程装置可以包括例如手持式移动装置、桌上型个人计算机装置或者由远程使用者操作的服务器计算机中的一个。外部通信基础设施可以包括例如因特网、蜂窝电话网络或者卫星通信网络中的一个或更多个。

[0157] 图 25 图示说明在实时虚拟现实环境中提供弧焊训练的系统 2500 的系统方框图的第二示例性实施方案。系统 2500 类似于图 1 的系统 100。然而,图 25 的系统 2500 图示说明附加的部件,包括通信部件 (CC) 2510、音频转换器 2520(例如,扬声器) 和 2530(例如,麦克风)、视频装置 2540(例如,摄像机) 以及智能代理 2550。

[0158] CC 2510 可以是例如线缆调制解调器、无线路由器或者 3G 或 4G 蜂窝通信模块中的一个或更多个,提供到外部通信基础设施(例如,因特网)的接入和连接。根据实施方案,CC 2510 还提供网页浏览器来帮助便利因特网上的网站的访问。图 26 图示说明示出图 25 的虚拟现实弧焊系统 2500 如何可以经由外部通信基础设施 2600 联接到远程装置 2610 的系统方框图。远程装置 2610 由远程使用者操作并且可以是例如无线移动装置、桌上型个人计算机或者服务器计算机。

[0159] 当虚拟现实焊接系统的使用者(例如,焊接学员)正在执行仿真的焊接过程时,使用者可能经历困难或者对适当地执行焊接过程的一些方面变得困惑。根据实施方案,使用者可以经由使用者界面(例如,WUI 130 或 ODD 150) 请求被引导到多个因特网上与焊接教学和理论相关的预先识别的网站中的一个。

[0160] 系统 2500 可以自动地使用 CC 2510 访问选择的网站并且在例如 ODD 150 或 FMDD140 上向使用者显示相应的主网页。一旦在主网页,使用者可以经由使用者界面选择与网站相关联的其他网页。根据实施方案,识别的网站和相关联的网页被具体设计来处理焊接学员所经历的常见问题(例如,焊接工具的定向、焊条至工件距离、焊接工具行进速度等等)。以这种方式,使用者可以迅速地并且容易地找到答案来减轻他对于目前仿真的焊接过程的困难或困惑。

[0161] 作为替代方案,观察使用者的焊接指导者可以看到使用者正在经历某些特定的困难或问题,并且结果是,可以要求使用者被引导到多个预先识别的网站中的一个。作为进一步的替代方案,在 PPS 110 上配置的智能代理 (IA) 2550 可以自动地检测到使用者没有理解一些东西或者没有在适当地执行仿真的焊接过程的一些方面。根据实施方案,智能代理是通常在软件中实施的自治实体,所述自治实体观察并且作用于环境,并且朝向要达到的目标引导其行动。智能代理能够学习并且使用知识来实现目标(例如,将相关反馈提供给焊接学员或焊接教学者的目标)。根据本发明的实施方案,例如,由智能代理感知和作用于的环境是由 VRAW 系统 2500 生成的虚拟现实环境。

[0162] IA 2550 可以随后中断仿真的焊接过程、告知使用者问题并且自动地将使用者引导到多个预先识别的网站中的适合的网站,试图帮助使用者。网站可以提供书面指令、图形指令、视频指令或者可以通过因特网连接供应的任何其他类型的适合的指令格式。

[0163] 作为实施例,IA 2550 可以检测到使用者没有以适当的角度夹持模拟焊接工具,并且可以向使用者显示例如表述“你看起来在以适当的角度夹持模拟焊接工具方面有难处。

我现在将引导你到这样的网站,所述网站示出针对目前焊接过程的焊接工具的适当的定向的视频”的信息。系统 2500 可以继续使用 CC 2510 在 IA 2550 的引导下访问网站。系统甚至可以自动地为使用者选择和播放视频。可替换地,一旦在网站,使用者可以选择和播放视频。

[0164] 根据实施方案,如图 25 所图示说明的,系统包括扬声器 2520、麦克风 2530 和视频摄像机 2540,它们可以被用来便利虚拟现实弧焊系统 2500 的使用者和在远程站点的焊接指导者之间的通信。焊接指导者可以经由例如手持式移动装置或桌上型个人计算机连接到因特网。通信可以使用 CC 2510 实时通过外部通信基础设施 2600,允许焊接指导者在焊接学员正在执行仿真的焊接工艺的同时向焊接学员(使用者)提供实时指令。

[0165] 根据实施方案,麦克风 2530 接收来自使用者的声音的声波并且视频摄像机 2540 实时提供使用者的视频图像。PPS 110 被配置来将使用者的声音和视频图像转换为数字数据,所述数字数据可以使用 CC 2510 通过外部通信基础设施 2600 被传输到焊接指导者。类似地,在使用 CC 2510 通过外部通信基础设施 2600 接收到表征焊接指导者的声音的数字数据之后并且在 PPS 110 将数字数据转换为驱动扬声器 2520 的电信号之后,焊接指导者的声音可以通过扬声器 2520 被听到。另外,在使用 CC 2510 通过外部通信基础设施 2600 接收到表征视频图像的数字数据之后并且在 PPS 110 将数字数据转换为在 ODD 150 上显示的电信号之后,焊接指导者的视频图像可以例如在 ODD 150 上被观看。

[0166] 根据实施方案,远程装置 2610 的使用者可以通过外部通信基础设施 2600 从远程装置向虚拟现实焊接系统 2500 发送命令。命令由 PPS 110 通过 CC 2510 接收。远程装置的使用者可以发送命令来便利例如虚拟现实焊接系统 2500 的远程故障检测。例如,系统技术员可以命令某些诊断过程在虚拟现实焊接仿真器 2500 上运行。PPS 110 可以将诊断过程的结果发送回到远程装置 2610。另外,远程装置的使用者可以发送命令来改变虚拟现实焊接仿真器 2500 的设置。例如,在远程位置使用远程装置的焊接指导者可以以改变外部通信基础设施 2600 之上的设置的方式来在虚拟现实焊接系统上针对焊接学员建立焊接情景。其他可以被改变的设置包括例如桌台 171 和臂 173 的位置、焊丝送进速度、电压水平、电流量、极性以及打开或关闭特定的视觉提示。

[0167] 另一个实施方案提供虚拟现实弧焊系统。系统包括系统包括基于可编程处理器的子系统、空间追踪器、至少一个模拟焊接工具以及至少一个显示装置,所述空间追踪器被可操作地连接到基于可编程处理器的子系统,所述至少一个模拟焊接工具被配置来由空间追踪器在空间上追踪,所述至少一个显示装置被可操作地连接到基于可编程处理器的子系统。系统被配置来在虚拟现实环境中仿真焊缝熔池并且在至少一个显示装置上实时显示仿真的焊缝熔池,所述焊缝熔池响应于使用者对至少一个模拟焊接工具的操控并且具有实时熔融金属流动性和散热特征。系统被进一步配置来当仿真的焊缝熔池的至少一个特征与所述至少一个特征的理想的量偏离多于确定的量时,将理想焊缝熔池的图像重叠并且显示到仿真的焊缝熔池上。仿真的焊缝熔池的至少一个特征可以包括形状、颜色、熔渣、尺寸、粘度、散热性、熔池痕迹以及币状体间隔中的一个或更多个。根据各种实施方案,理想的焊缝熔池的图像可以是部分透明的重像或者不透明的图像。系统可以被进一步配置来至少在仿真的焊接工艺的第一部分期间将理想的焊缝熔池的部分透明的重像重叠并且显示到仿真的焊缝熔池上。

[0168] 图 27 图示说明示出仿真的焊缝熔池 2710 的显示的虚拟焊缝 2700 的示例性实施方案, 所述虚拟焊缝 2700 在虚拟焊接工艺期间使用系统 100 被创建。根据实施方案, 仿真的焊缝熔池可以具有各种特征, 如, 例如, 形状、颜色、熔渣、尺寸、流动性 / 粘度、散热性、熔池痕迹以及币状体间隔。针对特定的焊接工艺, 这些特征理想地符合针对理想焊缝熔池的特定的限定的范围或值。

[0169] 作为实施例, 在图 27 中, 由于仿真的焊缝熔池 2710 的形状太宽, 仿真的焊缝熔池 2710 的某些特征偏离虚拟焊接工艺的理想焊缝熔池, 并且所显示的散热特征是不适当的。这样的偏离可以归因于例如对模拟焊接工具的差的使用者技术。因此, 根据实施方案, 理想焊缝熔池的图像可以在仿真的焊接工艺期间被实时重叠并且显示到仿真的焊缝熔池 2710 上, 以引导和鼓励使用者更改他的技术来更精确地将最终仿真的焊缝熔池 2710 与理想焊缝熔池相匹配。

[0170] 根据实施方案, 虚拟现实弧焊系统的 PPS 110 保持追踪与仿真的焊缝熔池的特征相关联的值, 并且将这些值与针对特定的焊接工艺的一组理想值相比较。虚拟现实焊接系统被配置来当仿真的焊缝熔池的至少一个特征与所述至少一个特征的理想值偏离多于确定的量时, 将理想焊缝熔池的图像重叠并且显示到仿真的焊缝熔池上。

[0171] 图 28 图示说明图 27 的显示的虚拟焊缝 2700, 所述虚拟焊缝 2700 具有重叠到仿真的焊缝熔池 2710 的图像上的理想焊缝熔池 2810 的图像。在图 28 中, 理想焊缝熔池 2810 的宽度被看见为窄于仿真的焊缝熔池 2710 的宽度, 并且如通过跨理想焊缝熔池 2810 的变化的灰阶所图示说明的, 显示的理想焊缝熔池 2810 的热量梯度表征针对虚拟焊接工艺的适当的散热。根据实施方案, 显示的理想焊缝熔池 2810 可以是部分透明的, 以使使用者仍然可以通过理想焊缝熔池 2810 看到仿真的焊缝熔池 2710, 允许使用者看到随着使用者更改他的焊接技术, 仿真的焊缝熔池 2710 的特征如何接近理想焊缝熔池 2810 的特征。

[0172] 可替换地, 根据可替换的实施方案, 显示的理想焊缝熔池 2810 可以是不透明的, 以使仿真的焊缝熔池 2710 的至少一部分被盖住。在这样的可替换的实施方案中, 理想焊缝熔池 2810 可以被间歇地显示, 允许使用者间歇地观看整个仿真的焊缝熔池 2710 以确定随着使用者更改他的焊接技术, 仿真的焊缝熔池 2710 的特征正在如何接近理想焊缝熔池 2810 的特征。

[0173] 根据实施方案, 无论是部分透明的还是不透明的, 理想焊缝熔池 2810 的图像实际上可以是重叠到仿真的焊缝熔池 2710 上的实时活动视频, 以示出例如理想金属流动性和粘度特征。因此, 如本文关于理想焊缝熔池所使用的, 术语“图像”可以指的是单个静态图像或动态视频。

[0174] 进一步的实施方案提供虚拟现实弧焊系统。系统包括基于可编程处理器的子系统, 所述基于可编程处理器的子系统可操作来执行编码指令。编码指令包括呈现引擎, 所述呈现引擎被配置来生成由使用者在虚拟现实焊接系统上创建的虚拟焊件的三维 (3D) 呈现。编码指令进一步包括分析引擎, 所述分析引擎被配置来执行 3D 虚拟焊件的仿真的测试并且生成相应的测试数据。编码指令还包括至少一个智能代理 (IA), 所述至少一个智能代理 (IA) 被配置来基于至少测试数据, 生成针对使用者的推荐的校正动作。推荐的校正动作可以包括以下内容中的一个或更多个: 要被改变的使用者的焊接技术、要由使用者查看的储存在虚拟现实焊接系统上的训练材料、要由使用者完成的定制训练计划以及要由使用者

改变的虚拟现实焊接系统的设置。

[0175] 根据实施方案，智能代理是通常在软件（编码指令）中实施的自治实体，所述自治实体观察并且作用于环境，并且朝向要达到的目标引导其行动。智能代理能够学习并且使用知识来实现目标（例如，将相关反馈提供给焊接学员或焊接教学者的目标）。根据本发明的实施方案，例如，由智能代理感知和作用于的环境是由 VRAW 系统 2500 生成的虚拟现实环境。

[0176] 作为实施例，基于可编程处理器的子系统的分析引擎可以对虚拟焊件的 3D 呈现执行仿真的弯曲测试，所述虚拟焊件如由焊接学员使用虚拟现实焊接系统 2500 创建。例如，参照图 22，具有虚拟焊接接缝 2210 的虚拟焊件 2200 的直的切割段可以经受仿真的弯曲测试。所述弯曲测试可以被进行来发现各种焊缝性能，例如焊接区域的延展性、焊缝熔深、熔融、（破裂面的）晶体结构以及强度。弯曲测试帮助确定焊缝金属的质量、焊缝接合以及高热影响区。在弯曲测试期间的任何金属的破裂标志着差的熔融、差的熔深或可能造成破裂的一些其他条件。金属的伸长帮助指出焊缝的延展性。破裂的表面露出焊缝的晶体结构。更大的晶体趋在焊接之后指出有缺陷的焊接过程或不充分的热处理。优质的焊缝具有小的晶体。在仿真的弯曲测试期间，测试数据由分析引擎生成。

[0177] 根据实施方案，智能代理 2550 被配置来当弯曲测试揭露差的焊缝质量的特定方面时为使用者生成推荐的校正动作。智能代理 2550 可以使用在仿真的弯曲测试期间生成的测试数据以及其他数据（例如，在虚拟焊接工艺期间（在此期间虚拟焊件被创建）实时收集的数据，如，举例来说，模拟焊接工具的定向）来生成校正动作。例如，智能代理 2550 可以生成针对焊接学员的焊接技术的改变，焊接学员可以实践所述改变来提高他的焊接技术。针对学员的焊接技术的改变可以包括例如学员夹持模拟焊接工具的焊接电极的端部离模拟焊接试样的距离，以及学员相对于模拟焊接试样夹持模拟焊接工具的角度。其他焊接技术改变也可以被推荐。

[0178] 另外，或者可替换地，智能代理 2550 可以将焊接学员引导至特定的训练材料，所述训练材料储存在虚拟现实弧焊系统 2500 上。训练材料可以包括例如处理焊接工艺的具体方面的幻灯片展示和视频。根据各种实施方案，其他类型的训练材料也是可能的。再有，智能代理 2550 可以生成定制的训练项目来由焊接学员完成。例如，智能代理可以确定学员对于获得适当量的焊缝熔深有难处。结果，智能代理可以生成这样的训练项目，所述训练项目在虚拟现实焊接系统上具有学员实践具体焊接技术，以获得针对一种或更多种类型的焊接试样和仿真的焊接工艺的适当的焊缝熔深。

[0179] 最后，智能代理可以生成改变的设置，焊接学员应该将所述改变的设置应用于虚拟现实焊接系统来提高虚拟焊件的质量。改变的设置可以引导焊接学员改变例如模拟焊接试样的位置、桌台 / 底座 (T/S) 的位置、虚拟现实焊接系统的电流量设置、虚拟现实焊接系统的电压设置或者虚拟现实焊接系统的焊丝送进速度设置。根据其他各种实施方案，其他设置方面也可以被改变。

[0180] 根据实施方案，由智能代理生成的推荐内容可以在虚拟现实焊接系统的显示装置上呈现给焊接学员。根据可替换的实施方案，虚拟现实焊接系统可以被配置来接口连接到打印装置并且所述推荐内容可以针对使用者被打印。另外，虚拟现实焊接系统可以被配置来储存和显示各种焊接过程说明以及具有焊接符号的蓝图，以在训练上帮助焊接学员。

[0181] 根据实施方案,虚拟现实焊接系统被配置来在焊接学员使用虚拟现实焊接系统通过训练程序取得进展时追踪焊接学员的进展,并且回顾 (recall) 学员在训练程序中的位置。训练程序可以包括多个焊接过程和 / 或训练模块。例如,虚拟现实焊接系统可以提供用于焊接学员针对虚拟现实焊接系统识别他自己的装置。这样的识别可以通过各种众所周知的技术 (如,例如,使用者徽章或识别卡的扫描 (例如,条形码扫描或磁条扫描)、学员的生物学扫描 (例如,视网膜扫描) 或者学员识别号码的人工输入) 中的一种来完成。根据各种实施方案,虚拟现实焊接系统被配置来供应识别技术。例如,虚拟现实焊接系统可以具有集成的条形码扫描器或视网膜扫描器。

[0182] 一旦学员被识别,虚拟现实焊接系统可以从存储器回顾焊接学员在训练程序中停止的部分,包括例如虚拟现实训练系统的最后的焊接设置以及最后创建的虚拟焊缝。另外,虚拟现实焊接系统可以被配置来储存到目前为止焊接学员已经完成的过去的焊接过程和训练模块,并且允许焊接学员回顾和显示完整的过程和模块的历史。以这种方式,多个学员可以在不同的时间使用相同的虚拟现实焊接系统,同时使得虚拟现实训练系统单独追踪和记录每个焊接学员的进展。

[0183] 另一个实施方案提供方法。方法包括在虚拟现实焊接系统的一个或更多个显示装置上为使用者显示虚拟焊接环境,其中虚拟焊接环境由虚拟现实焊接系统生成并且在虚拟焊接环境内仿真一个或更多个不安全状况。方法进一步包括在使用者已经经由虚拟现实焊接系统的使用者界面正确地识别针对虚拟现实焊接系统的一个或更多个不安全状况之后,允许使用者使用虚拟现实焊接系统继续执行虚拟焊接活动。方法可以进一步包括响应于使用者正确地识别针对虚拟现实焊接系统的一个或更多个不安全状况,从虚拟焊接环境中去除一个或更多个不安全状况。方法可以还包括在由使用者使用虚拟现实焊接系统执行焊接活动期间,将一个或更多个新的不安全状况引入到虚拟焊接环境中,其中一个或更多个新的不安全状况由虚拟现实焊接系统自动引入。方法可以进一步包括在由使用者使用虚拟现实焊接系统执行焊接活动期间,将一个或更多个新的不安全状况引入到虚拟焊接环境中,其中一个或更多个新的不安全状况响应于来自焊接指导者的命令由虚拟现实焊接系统引入。

[0184] 根据实施方案,在虚拟焊接环境中的不安全状况可以包括例如存在烟雾暴露危险的不适当安置的排气罩、存在火灾危险的焊接工件附近的木质结构、存在电击危险的松动的或脆弱的到工件的焊接线缆连接、存在滑倒危险的工件附近的水、存在爆炸危险的未固定的焊接气缸以及存在电击危险和 / 或烟雾暴露危险的过度限制的焊接区域。根据各种其他实施方案,其他类型的不安全状况也是可能的。

[0185] 作为实施例,在虚拟现实焊接系统的显示装置上观看虚拟焊接环境的使用者可以观察存在烟雾暴露危险的不适当安置的排气罩。根据实施方案,使用者可以使用虚拟现实焊接系统的使用者界面在显示装置上将光标置于不适当放置的排气罩之上并且选择排气罩。以这种方式,使用者识别针对虚拟现实焊接系统的不适当安置的排气罩的不安全状况。基于识别针对系统的不安全状况,系统可以在虚拟焊接环境中适当地安置排气罩。如果不适当安置的排气罩是唯一的不安全状况,则使用者可以继续使用虚拟现实焊接系统执行虚拟焊接活动。根据各种其他实施方案,识别针对虚拟现实焊接系统的不安全状况的其他方式也是可能的。另外,根据实施方案,虚拟现实焊接系统可以被配置来允许使用者经由使用

者界面在虚拟现实环境中适当地安置排气罩。

[0186] 当使用者执行虚拟焊接活动时,系统可以不定期地将新的不安全状况引入到虚拟焊接环境中。可替换地,焊接指导者可以使用虚拟现实焊接系统的使用者界面命令系统引入新的不安全状况。作为实施例,当使用者正在执行虚拟焊接活动时,到工件的焊接线缆连接可能明显变松动。如果使用者不停止虚拟焊接活动并且在预先确定的时间段内识别针对系统的新的不安全状况,系统可以将这样的指示提供给使用者,即,使用者未能识别新的不安全状况,并且可以关闭虚拟焊接工艺。以这种方式,使用者(例如,焊接学员)可以学会意识到焊接环境中的不安全状况。

[0187] 进一步的实施方案提供方法。方法包括在虚拟现实焊接系统上针对焊接工艺设置多个焊接参数,其中针对焊接工艺多个焊接参数中的至少一个被不适当当地设置。方法还包括使用者使用具有设置的多个焊接参数的虚拟现实焊接系统来执行虚拟焊接活动以创建虚拟焊件。方法进一步包括使用者在虚拟现实焊接系统的至少一个显示装置上观察虚拟焊件,并且至少基于所述观察,试图识别至少一个被不适当当地设置的焊接参数。多个焊接参数的设置可以由焊接指导者执行。多个焊接参数的设置可以由虚拟现实焊接系统自动执行。方法可以还包括使用者试图将至少一个被不适当当地设置的焊接参数改变为适当的设置。虚拟现实焊接系统或焊接指导者中的一个可以通知使用者何时使用者已经将至少一个被不适当当地设置的焊接参数改变为适当的设置。

[0188] 根据实施方案,多个焊接参数可以包括焊丝送进速度、电压水平、电流量和极性,所述参数每个在焊接使用者界面上是可设置的。根据各种其他实施方案,其他可设置的焊接参数也是可能的。作为实施例,焊丝送进速度可以针对特定的焊接工艺被不适当当地设置的太高或太低。类似地,电压水平和/或电流量可以针对特定的焊接工艺被不适当当地设置的太高或太低。另外,极性可以针对特定的焊接工艺被不适当当地设置为相反的极性。不正确地设置一个或更多个焊接参数可以导致创建具有缺陷和不连贯性的虚拟焊缝。例如,将电流量设置太低可以导致到工件中的熔深不足(如由虚拟焊接试样所表征的)。

[0189] 因此,根据实施方案,使用者可以观察最终的虚拟焊件来检查任何的缺陷或不连贯性。使用者甚至可以要求在虚拟焊件上执行如本文之前所描述的破坏性或非破坏性测试,以帮助观察。基于使用者对虚拟焊件的观察以及使用者对焊接参数与焊接缺陷和不连贯性之间的关系的知识,使用者可以识别被不适当当地设置的一个或更多个焊接参数。使用者可以将一个或更多个被不适当当地设置的焊接参数改变为使用者认为是适当的设置那样,并且继续重新创建虚拟焊件,希望没有之前的缺陷或不连贯性。根据实施方案,虚拟现实焊接系统被配置来通知使用者(例如通过在系统的显示装置上给使用者显示信息)参数现在针对选择的焊接工艺被适当地设置。

[0190] 尽管已经参照特定实施方案描述了本申请要求保护的主题,但是本领域技术人员将理解,可以进行各种改变,并且可以替换等同物,而不会偏离要求保护的主题的范围。此外,可以进行许多修改来使特定情形或材料适应要求保护的主题的教导,而不会偏离其范围。因此,不是意图将要求保护的主题限定为所公开的特定实施方案,相反,要求保护的主题将包括落入所附权利要求书范围的所有实施方案。

[0191] 参考标号:

[0192] 100 系统

172 底座或基座

[0193]	110	基于可编程处理器的子系统	173	可调节的臂 (PPS)
[0194]	111	中央处理单元 (CPU)	174	立柱
[0195]	115	图形处理单元 (GPU)	175	焊接试样 (WC)
[0196]	116	统一计算设备架构 (CUDA)	175'	六英寸直径的管
[0197]	117	着色器	175"	六英寸直径的管
[0198]	118	视频输出	176	焊根
[0199]	119	视频输出	177	连接部分
[0200]	120	空间追踪器 (ST)	180	焊接试样 (WC)
[0201]	121	磁源	900	焊接头盔
[0202]	122	传感器	910	耳塞扬声器
[0203]	123	盘	1201	物理界面
[0204]	124	电源	1202	夹具模型
[0205]	125	线缆	1203	环境模型
[0206]	126	处理器追踪单元	1204	声音内容功能
[0207]	130	物理焊接使用者界面 (WUI)	1205	焊接声音
[0208]	131	一组按钮	1206	底座 / 桌台模型
[0209]	132	操纵杆	1207	内部架构功能
[0210]	133	刻度盘或旋钮	1208	校准功能
[0211]	134	刻度盘或旋钮	1210	试样模型
[0212]	135	控制台	1211	焊接物理
[0213]	136	刻度盘或旋钮	1212	内部物理调节工具 (调整装置)
[0214]	137	刻度盘或旋钮	1213	图形使用者界面功能
[0215]	140	戴于面部的显示装置 (FMDD)	1214	绘图功能
[0216]	150	观察者显示装置 (ODD)	1215	学员报告功能
[0217]	151	各种焊接参数	1216	呈现装置
[0218]	152	焊接不连贯性状态	1217	焊道呈现
[0219]	153	使用者选择内容	1218	3D 纹理
[0220]	160	模拟焊接工具 (MWT)	1219	视觉提示功能
[0221]	161	夹持器	1220	评分和公差功能
[0222]	162	仿真的手工焊条	1221	公差编辑器
[0223]	163	阻力末端	1222	特殊效果
[0224]	170	桌台 / 底座 (T/S)	1300	方法
[0225]	171	可调节的桌台	1310	步骤
[0226]	1330	步骤	1320	步骤
[0227]	1340	步骤	2130	步骤
[0228]	1350	步骤	2140	步骤
[0229]	1400	平坦焊接试样 (WC)	2150	步骤
[0230]	1410	平坦顶部表面	2160	步骤
[0231]	1420	焊元图	2170	步骤

[0232]	1421	焊元	2180	步骤
[0233]	1600	焊接试样 (WC)	2200	虚拟焊件
[0234]	1610	表面	2210	焊接接头
[0235]	1620	表面	2500	系统
[0236]	1700	管焊接试样 (WC)	2510	通信部件 (CC)
[0237]	1701	管状部件	2520	音频转换器
[0238]	1702	管状部件	2530	音频转换器
[0239]	1703	焊根接缝	2540	视频装置
[0240]	1704	附接部件	2550	智能代理
[0241]	1710	弯曲的表面	2600	通信基础设施
[0242]	1910	无阴影的矩形条	2610	远程装置
[0243]	1920	粒子	2700	虚拟焊缝
[0244]	1930	粒子高度	2710	焊缝熔池
[0245]	1940	带阴影的矩形	2810	焊缝熔池
[0246]	2000	VWI 系统		
[0247]	2010	基于可编程处理器的子系统 (PPS)		
[0248]	2020	键盘	B	点
[0249]	2030	鼠标	E	点
[0250]	2050	观察者显示装置 (ODD)	O	点
[0251]	2100	方法	O'	线
[0252]	2110	步骤	X	点
[0253]	2120	步骤	X'	线
[0254]			Y	点
[0255]			Z	点

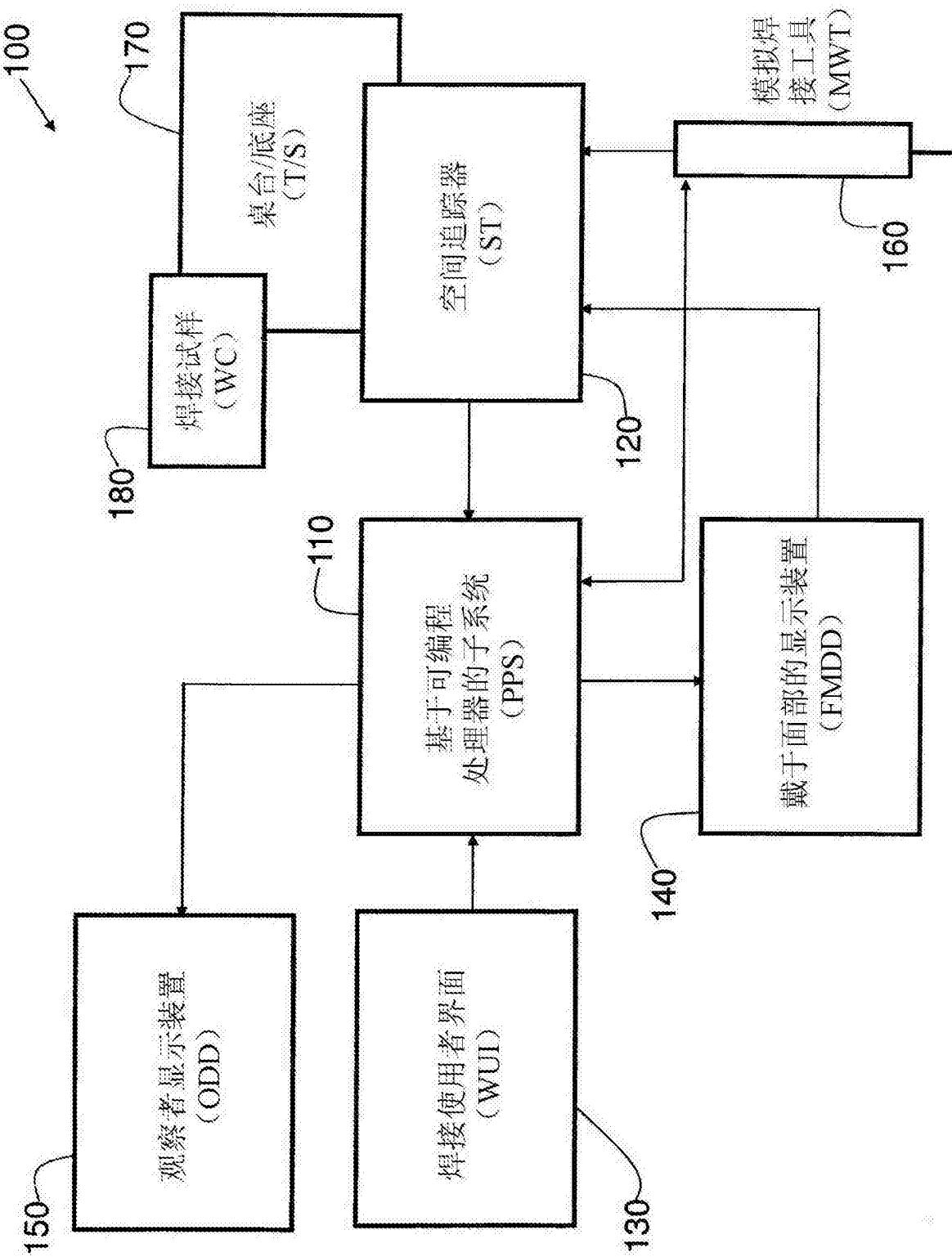


图 1

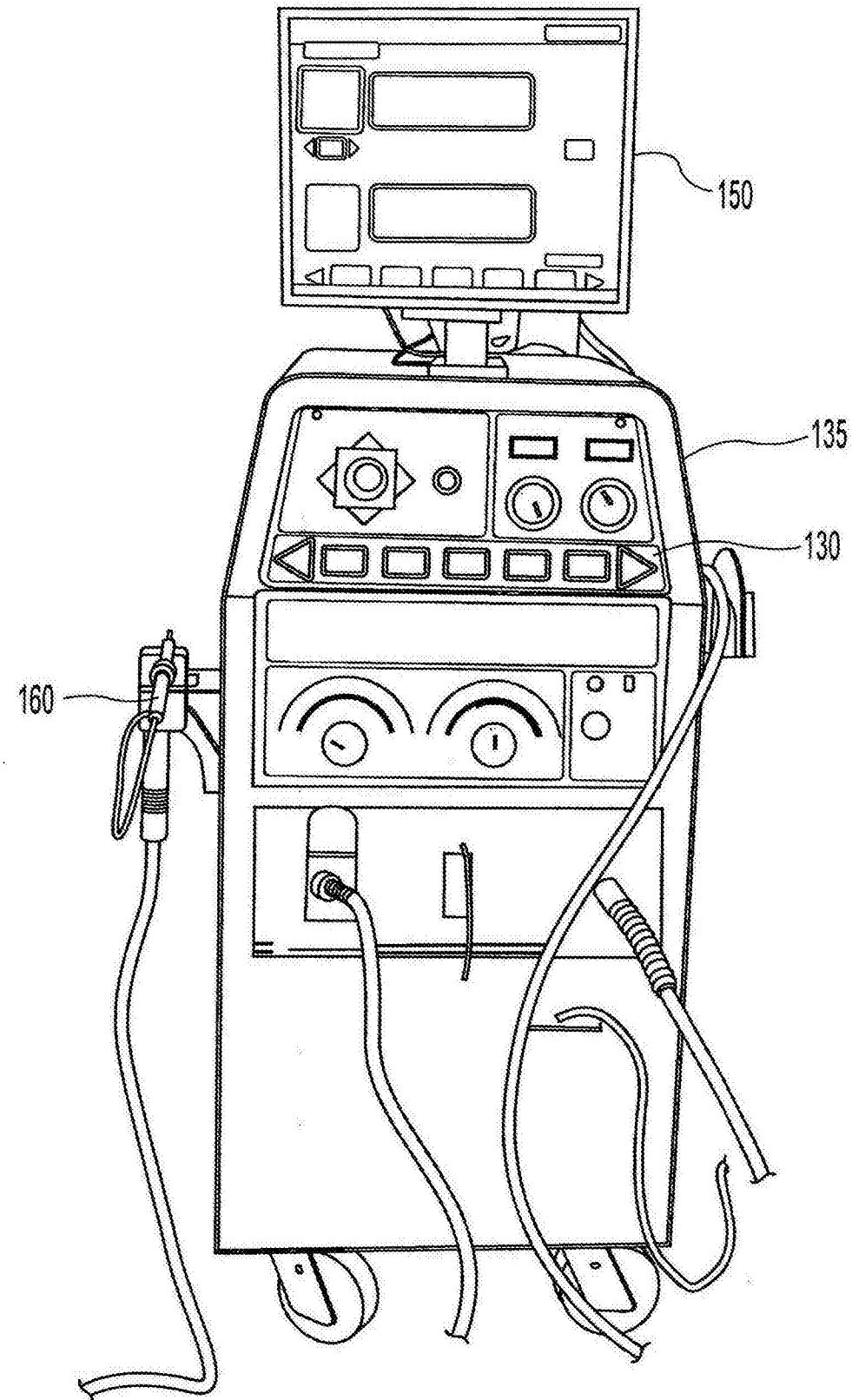


图 2

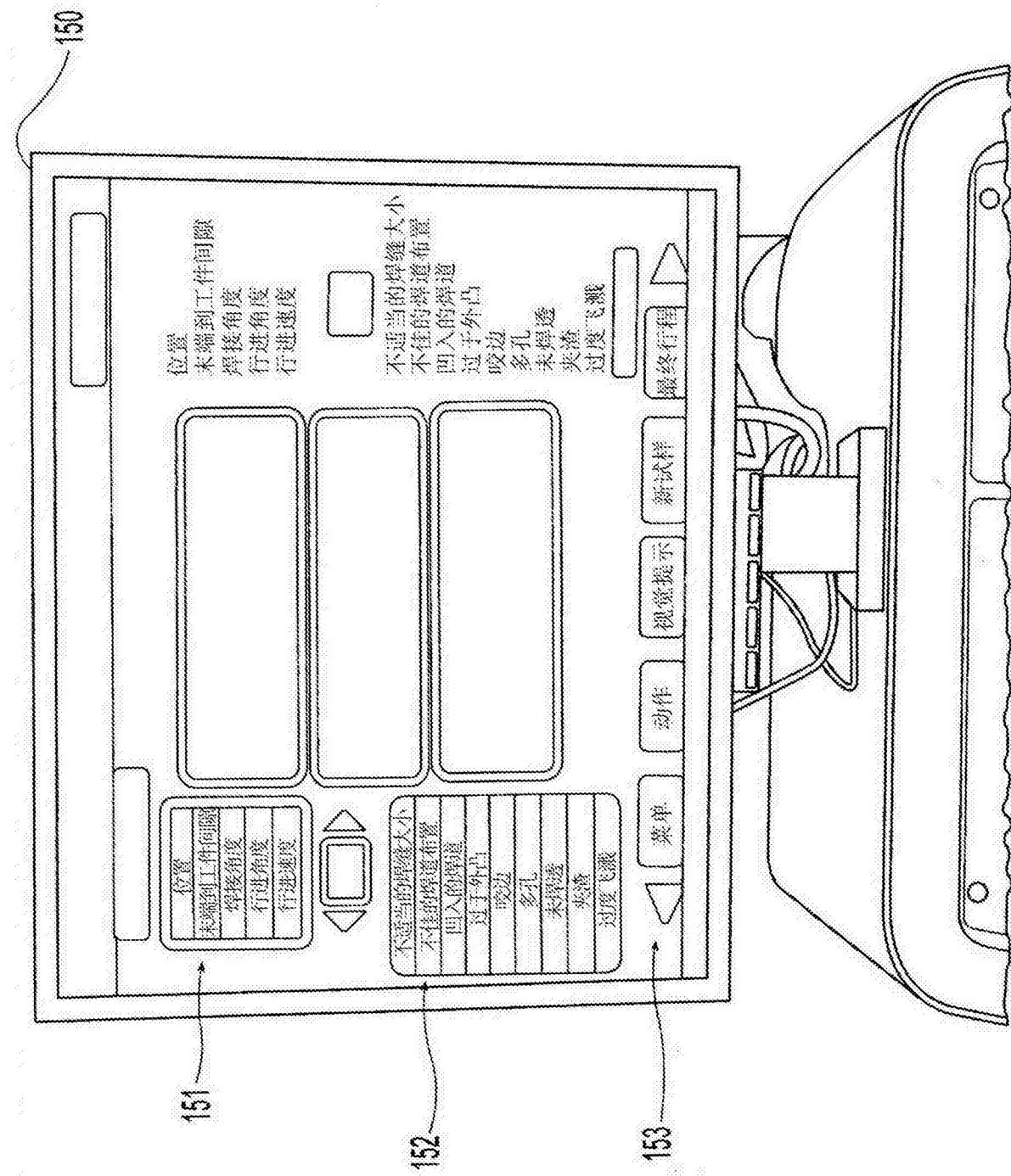


图 3

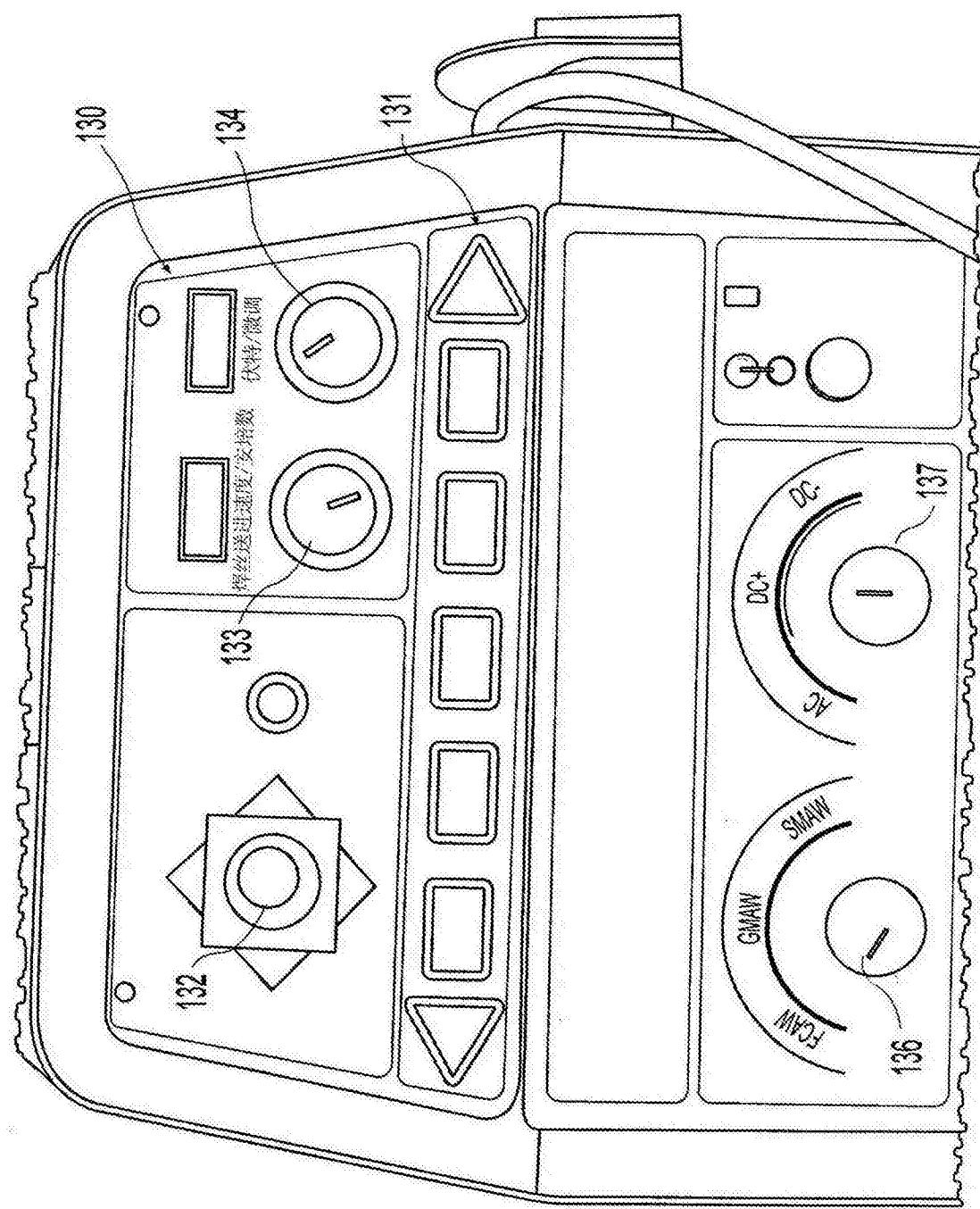


图 4

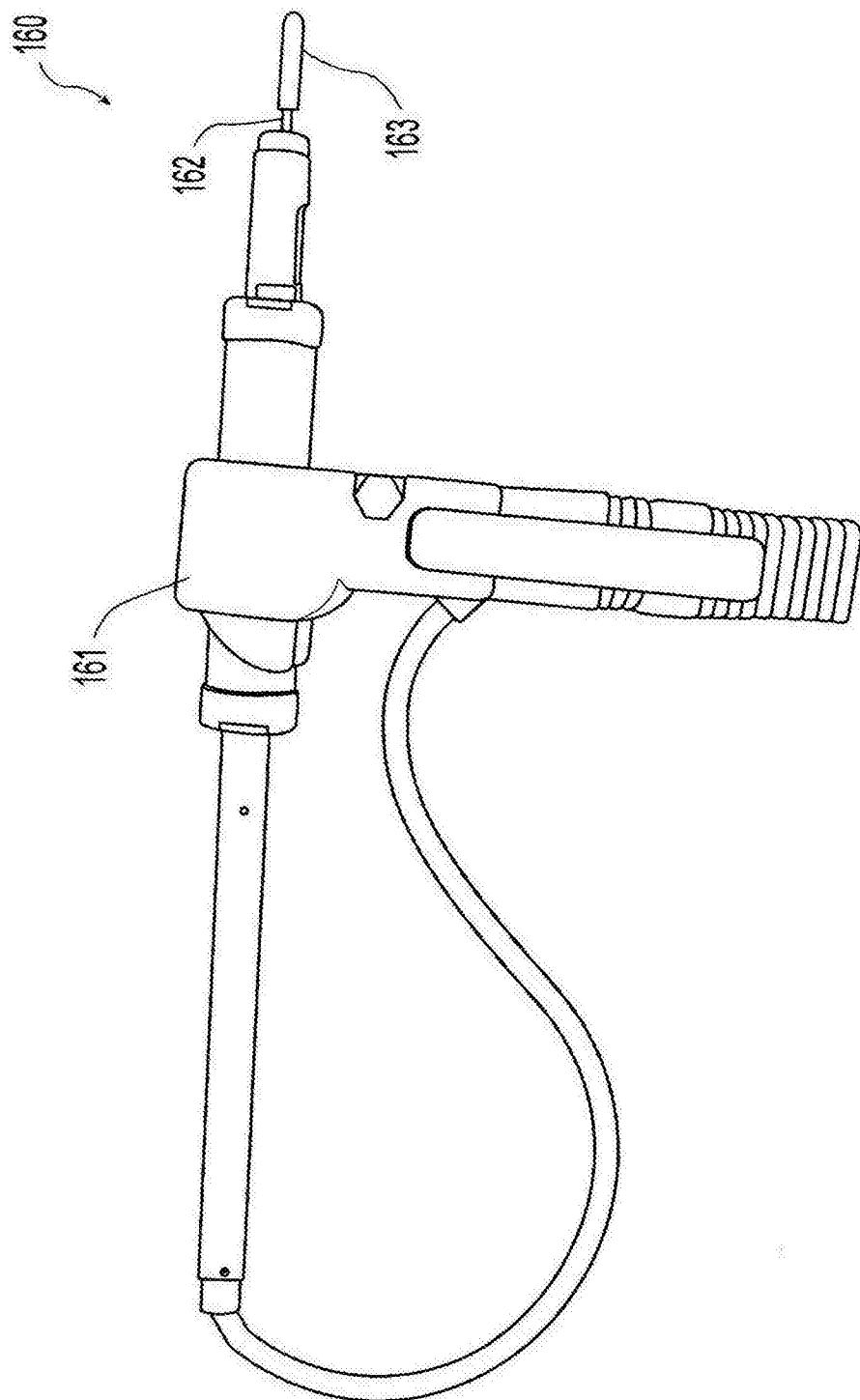


图 5

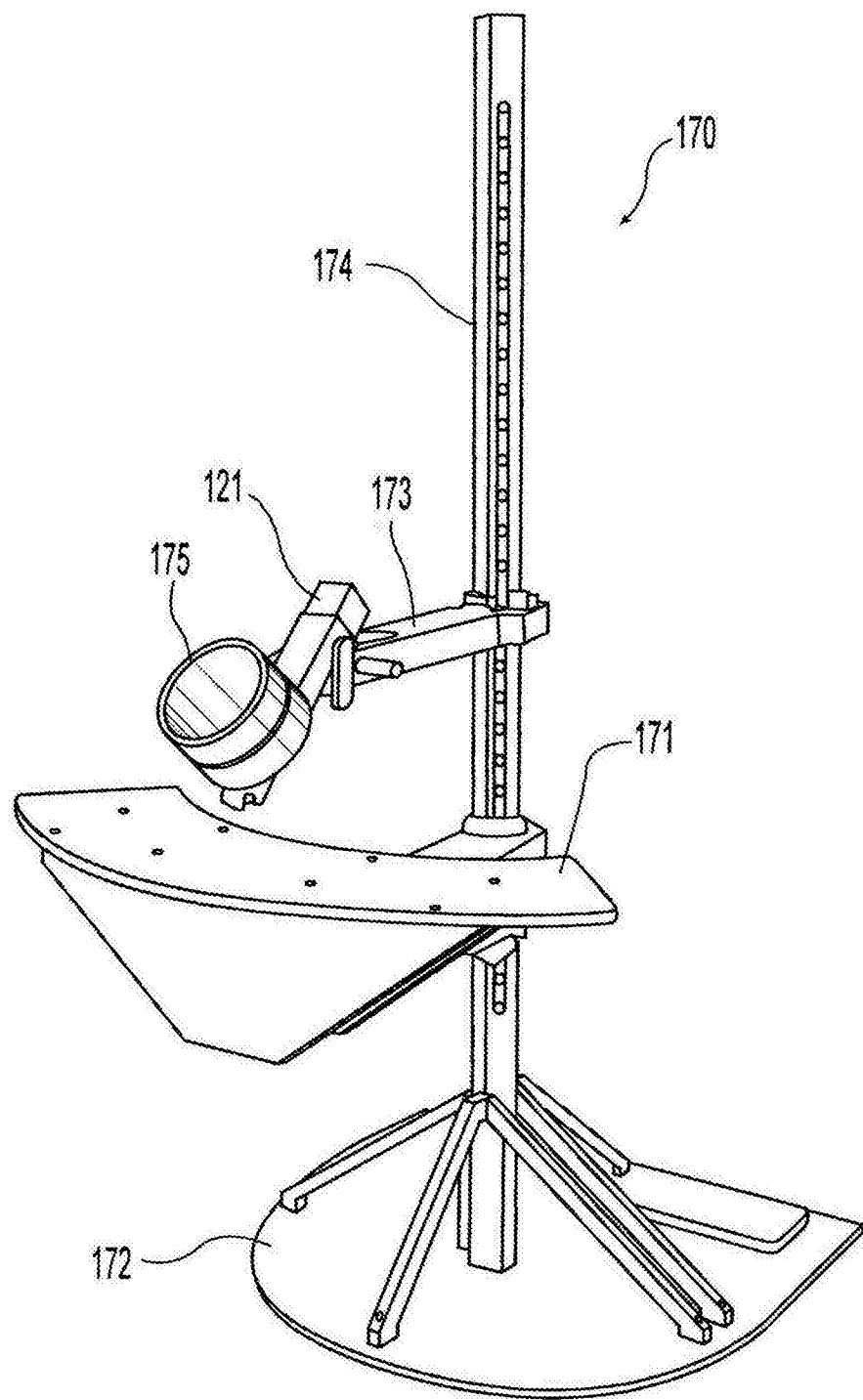


图 6

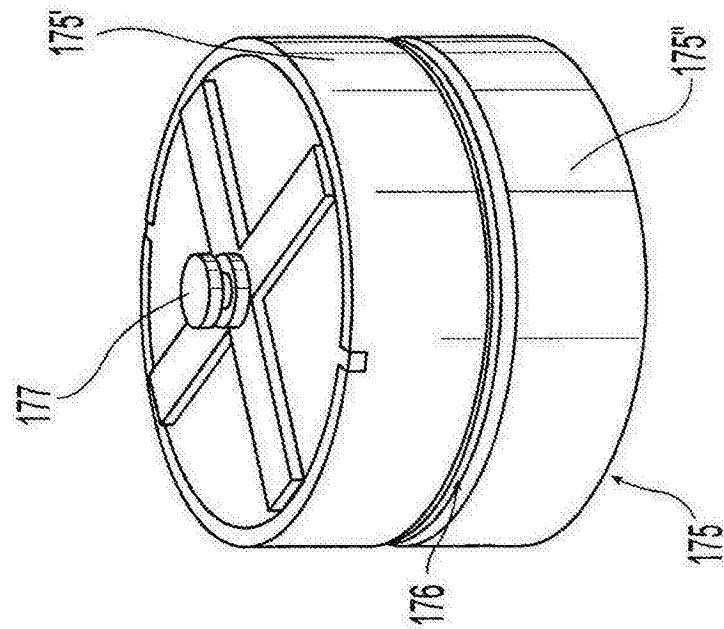


图 7A

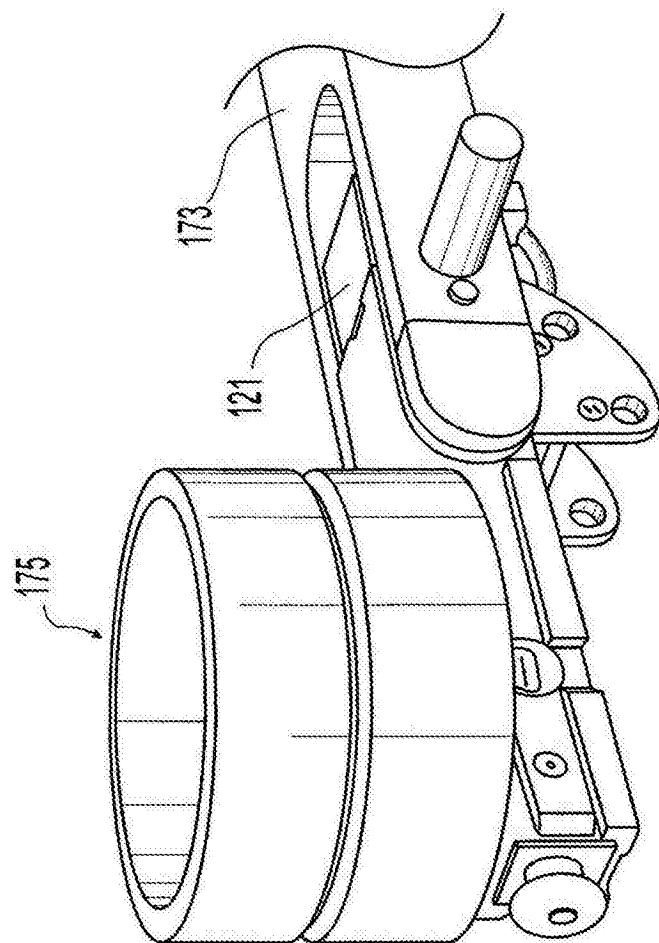


图 7B

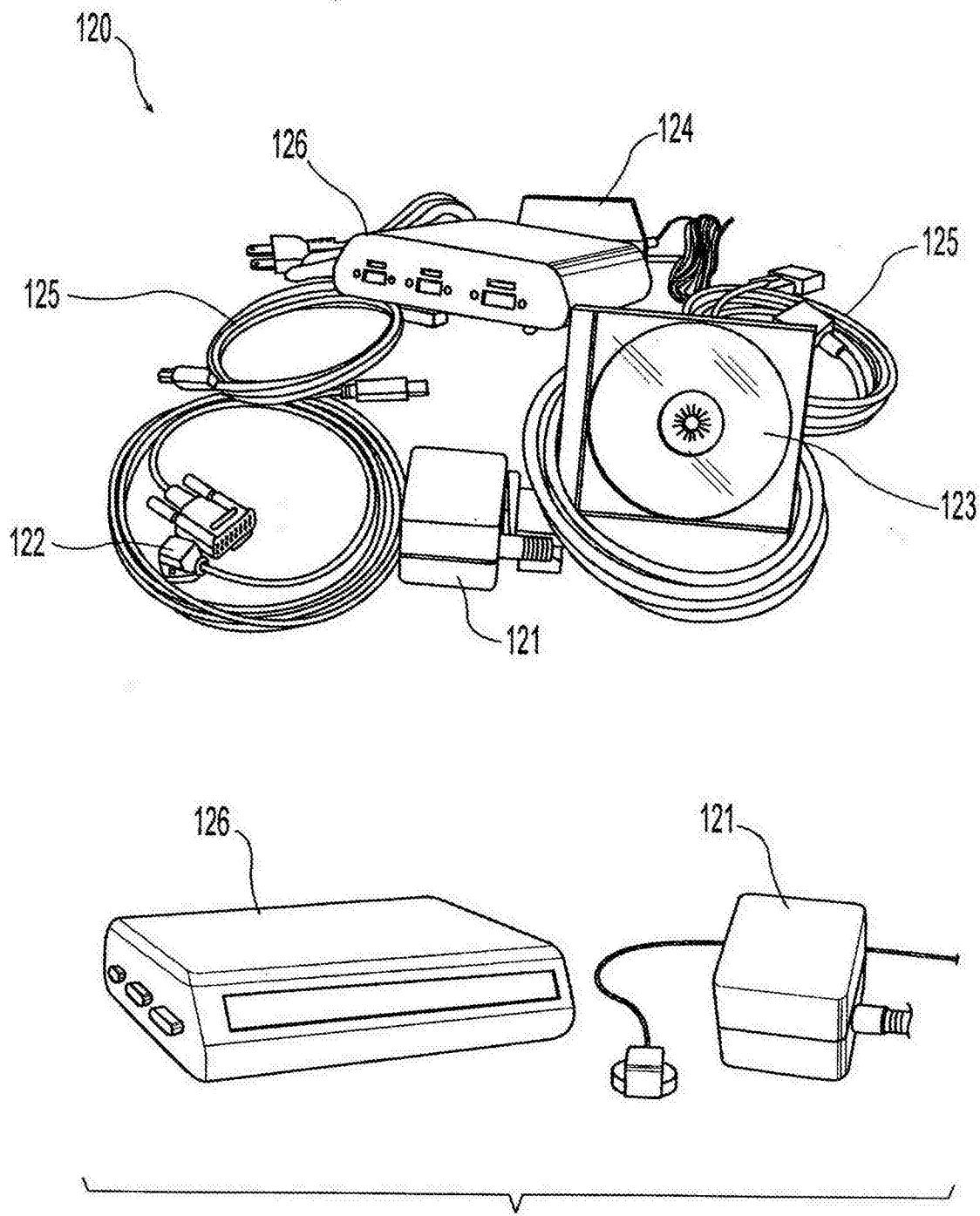


图 8

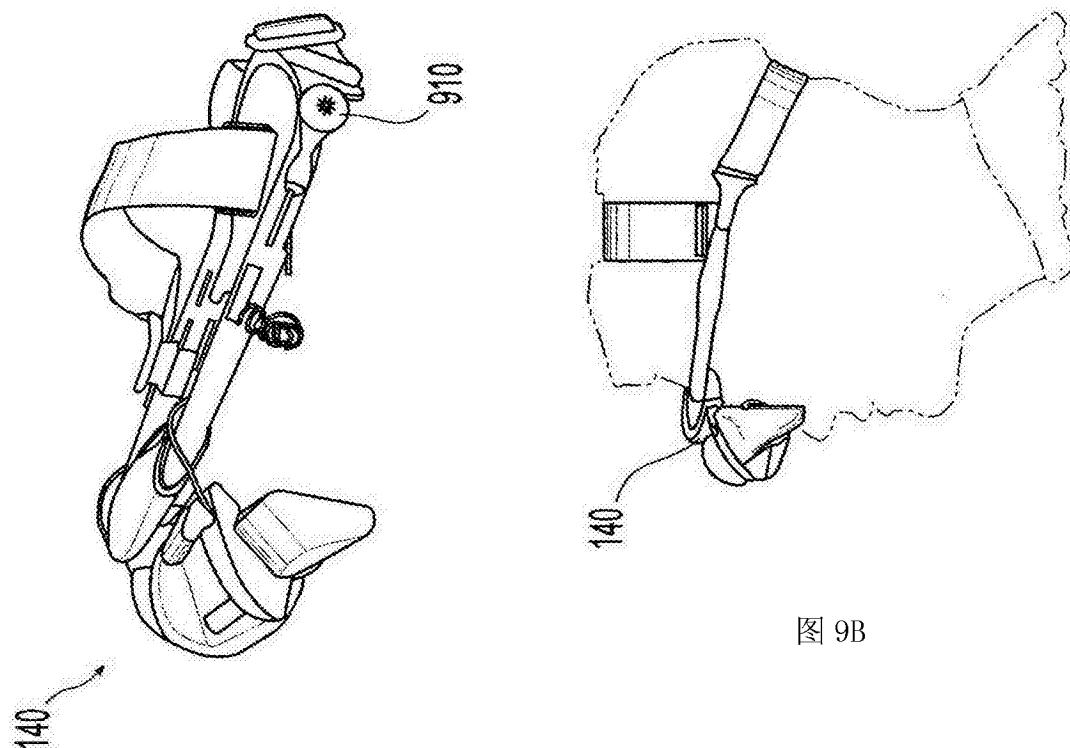


图 9B

图 9A

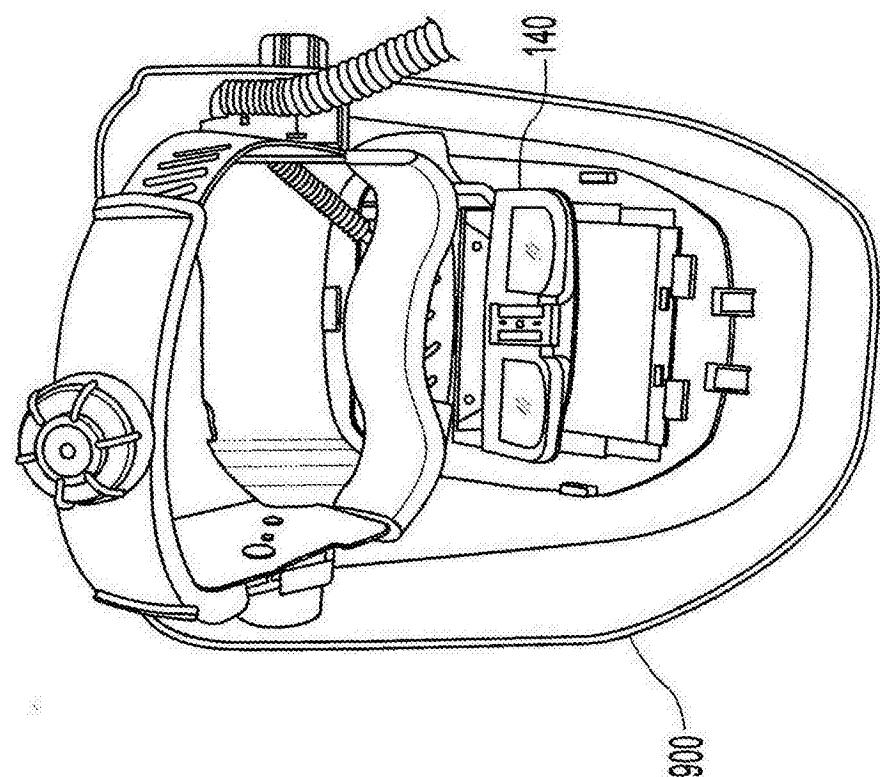


图 9C

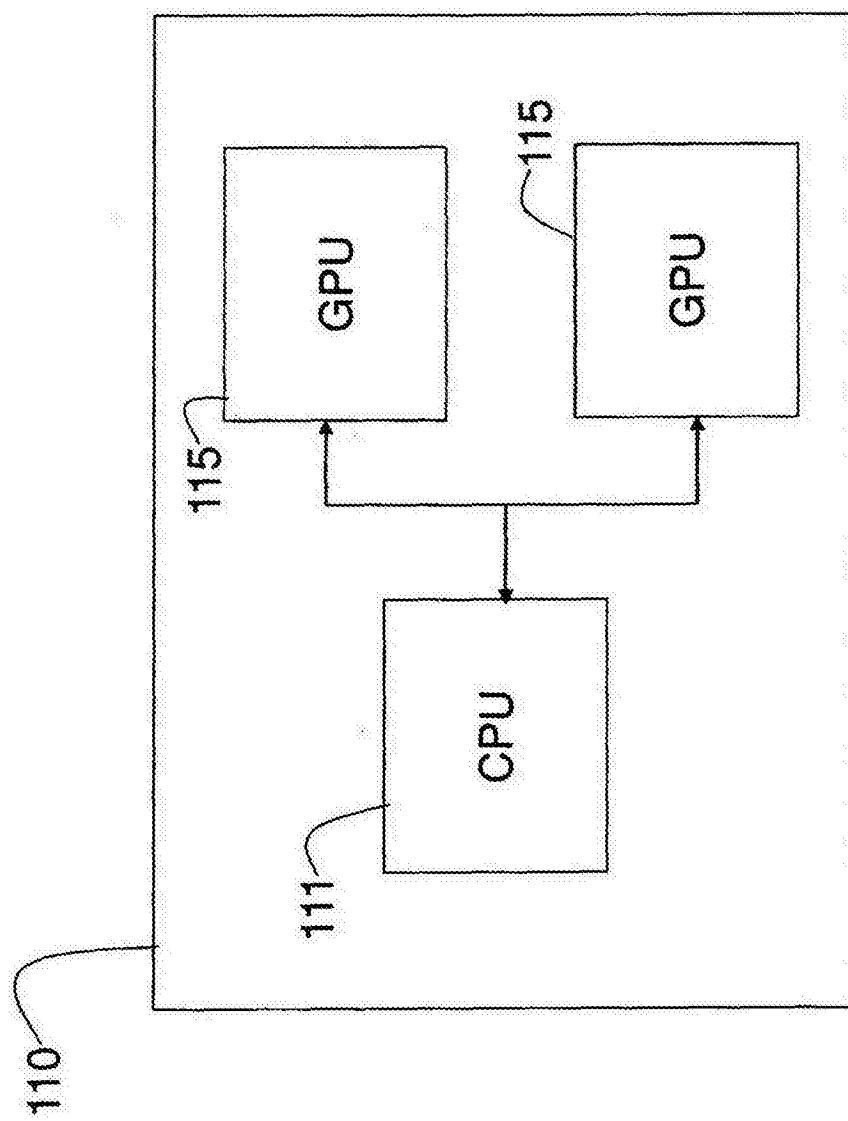


图 10

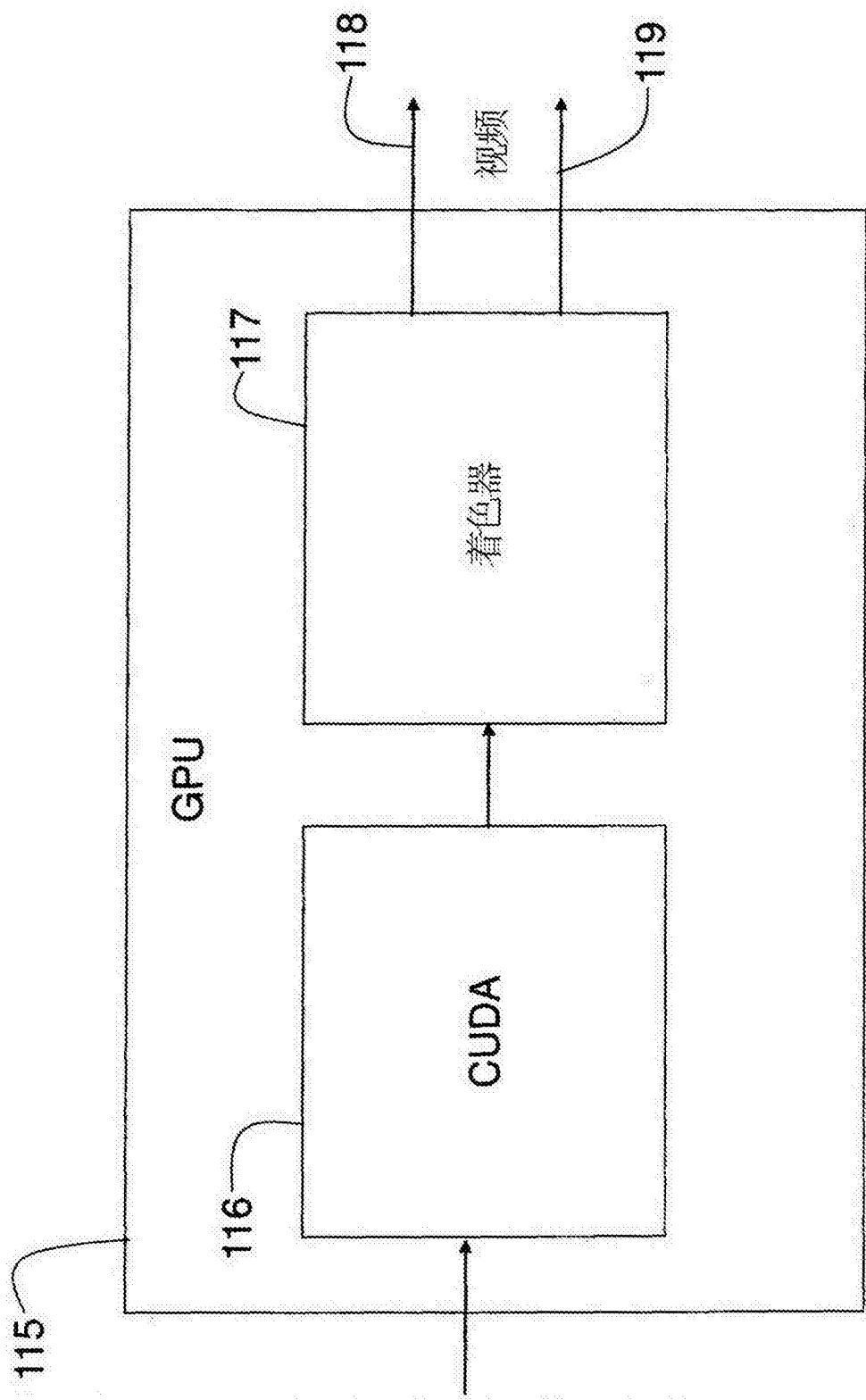


图 11

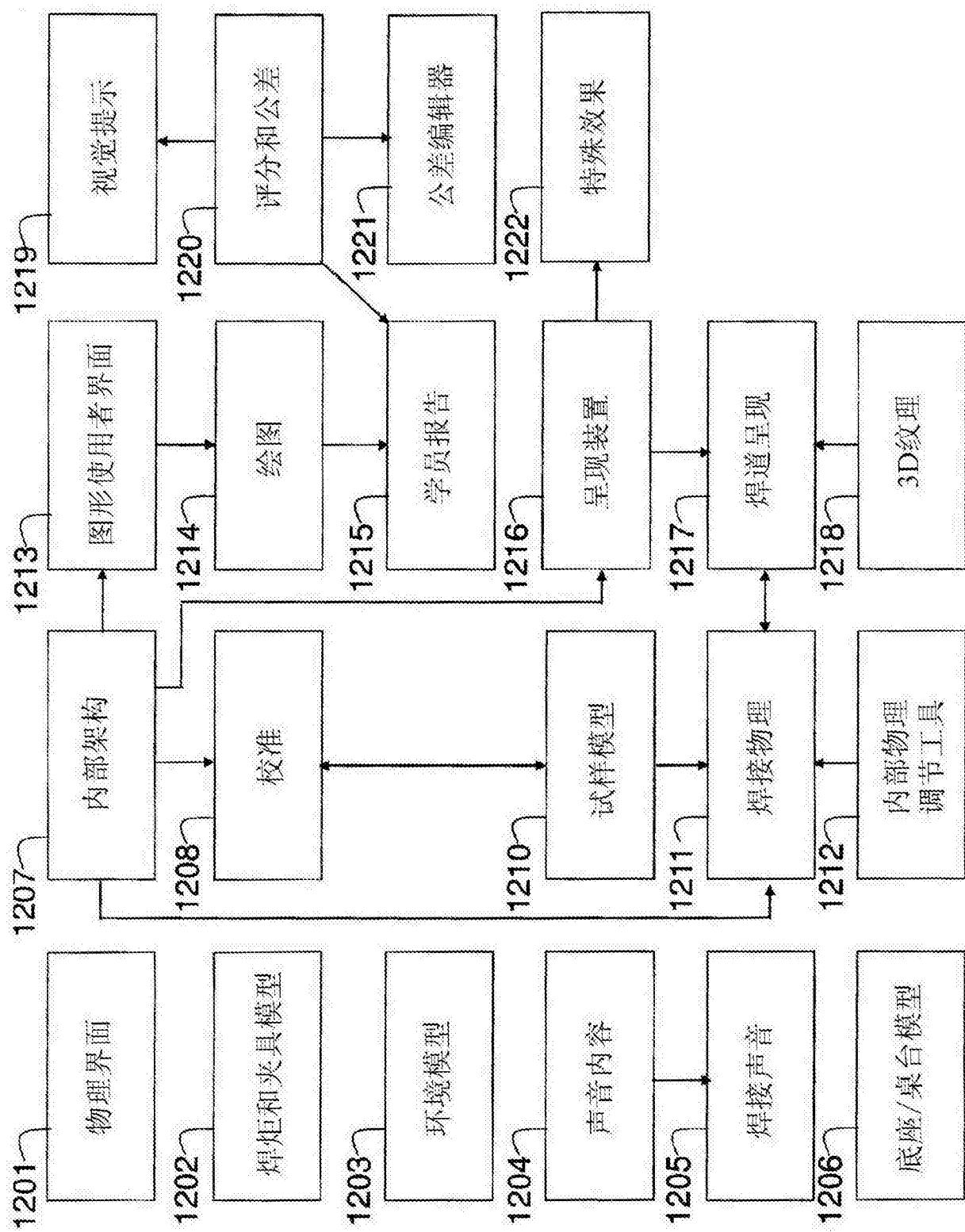


图 12

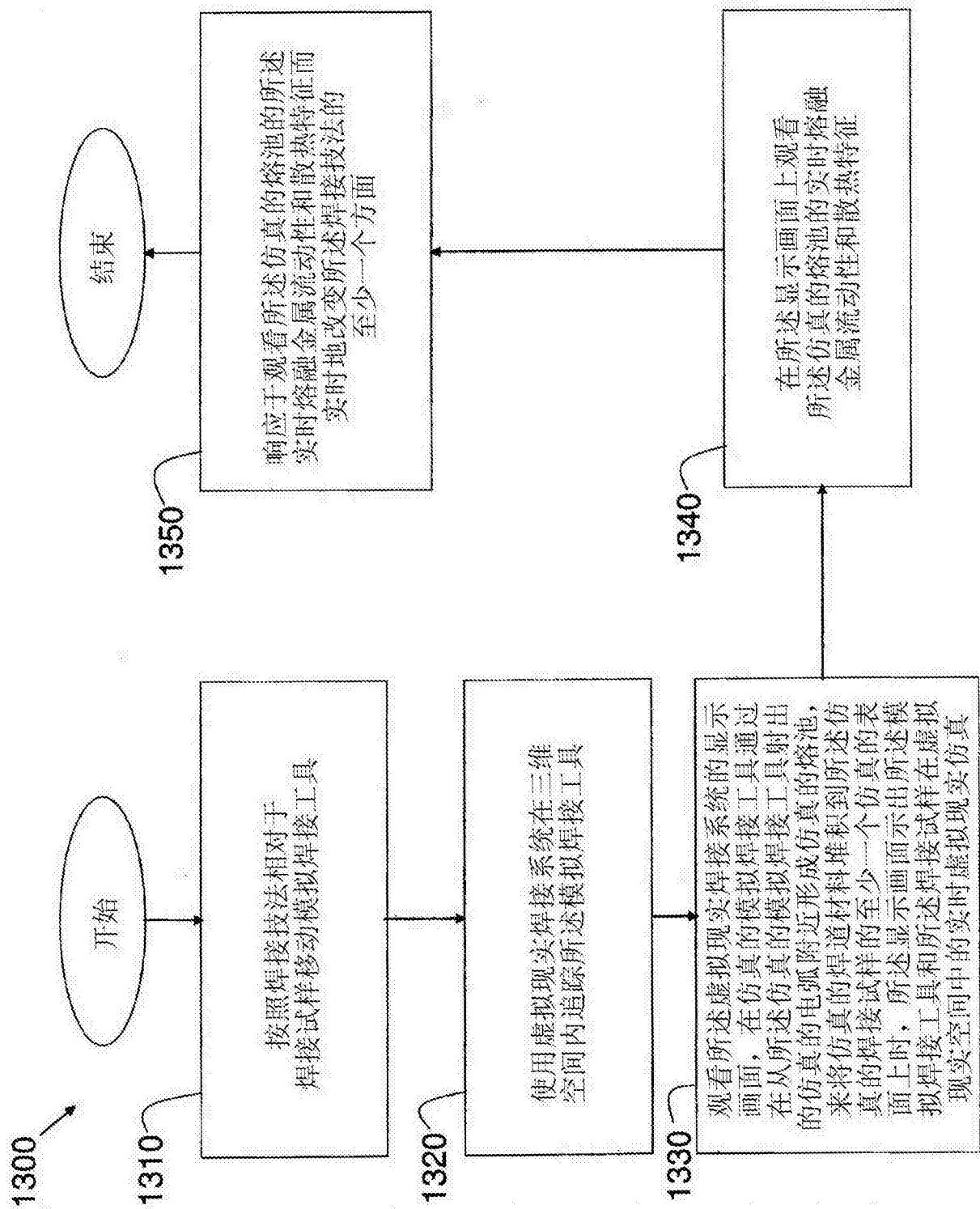


图 13

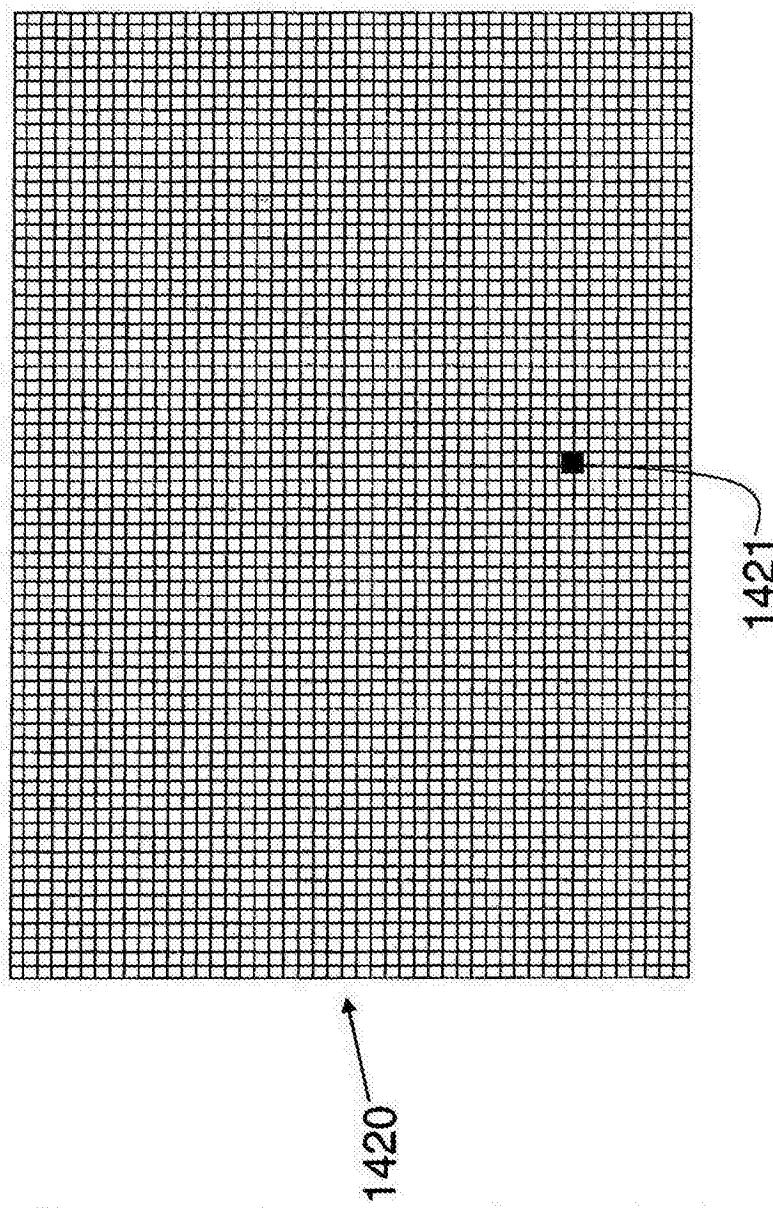
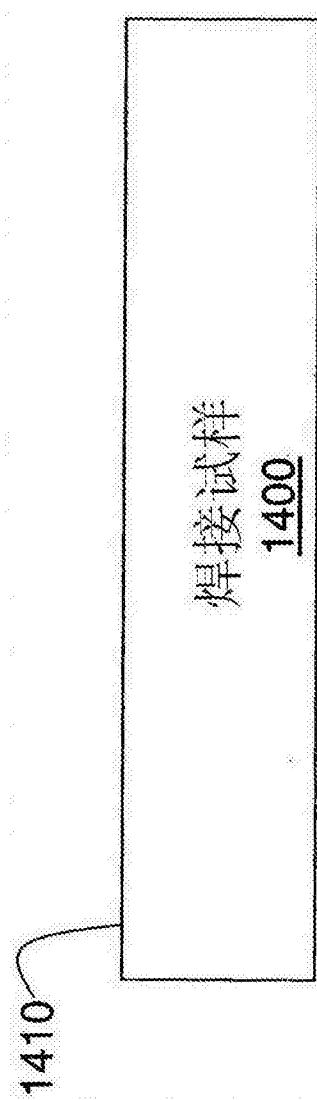


图 14A

图 14B

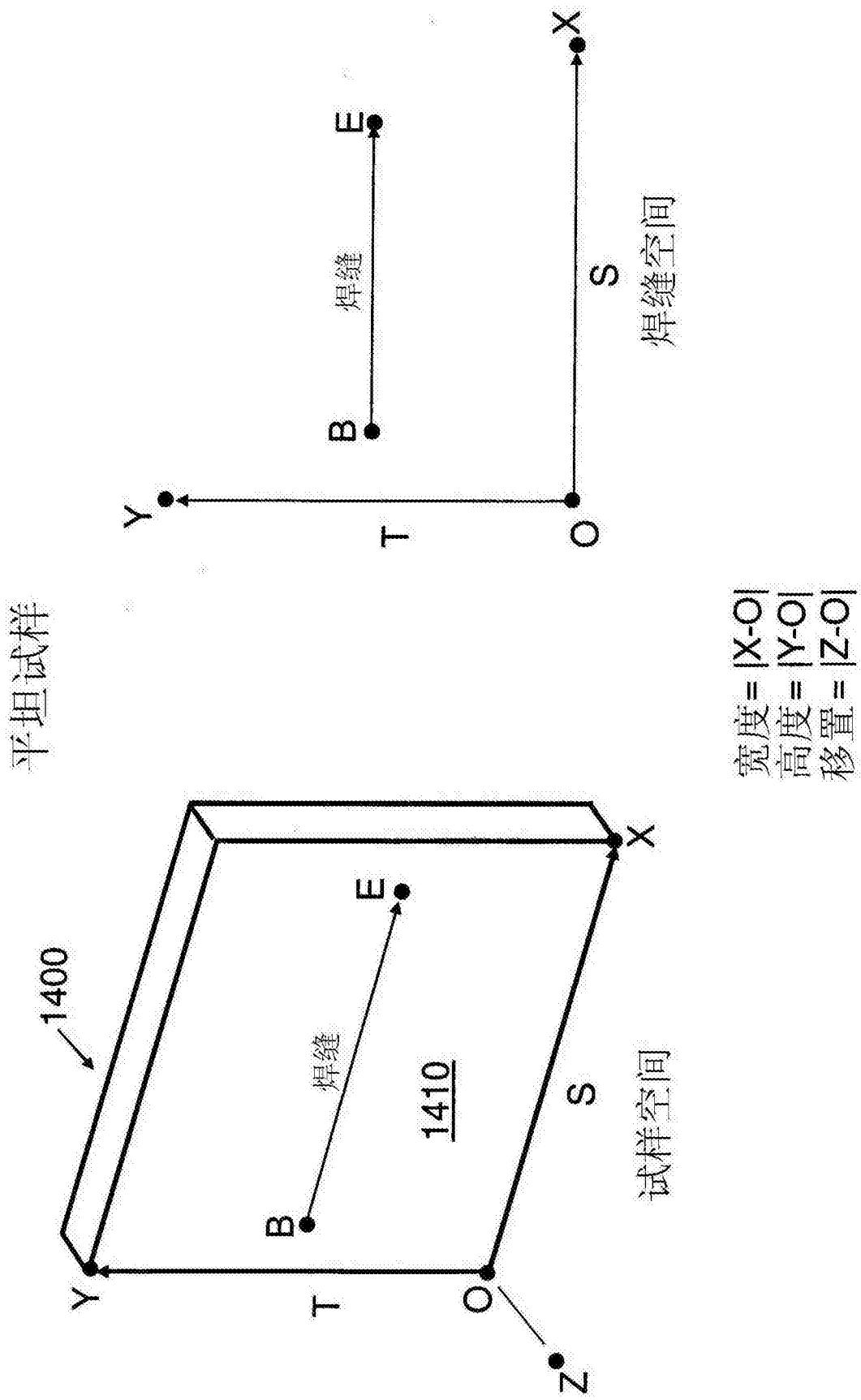


图 15

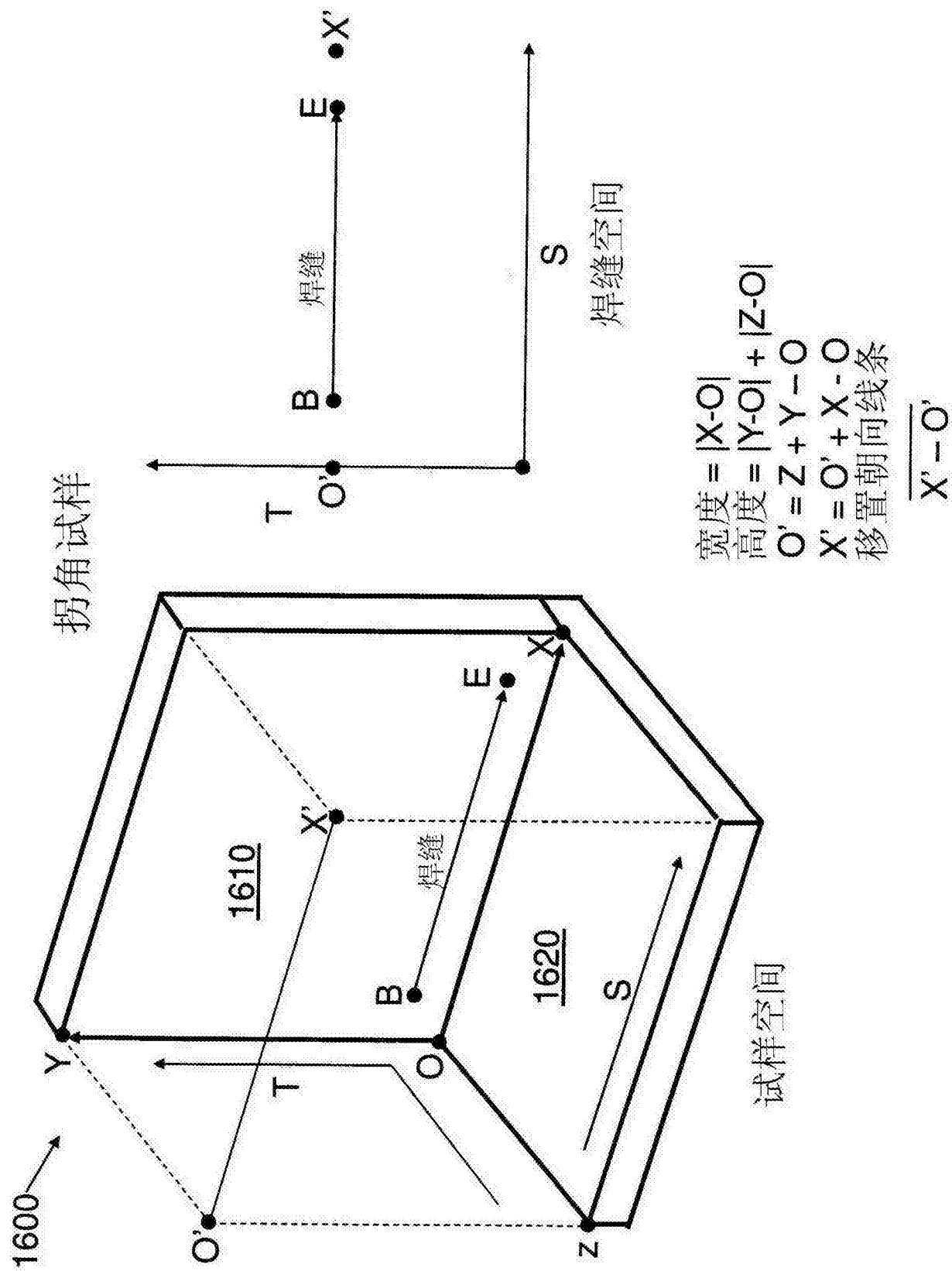


图 16

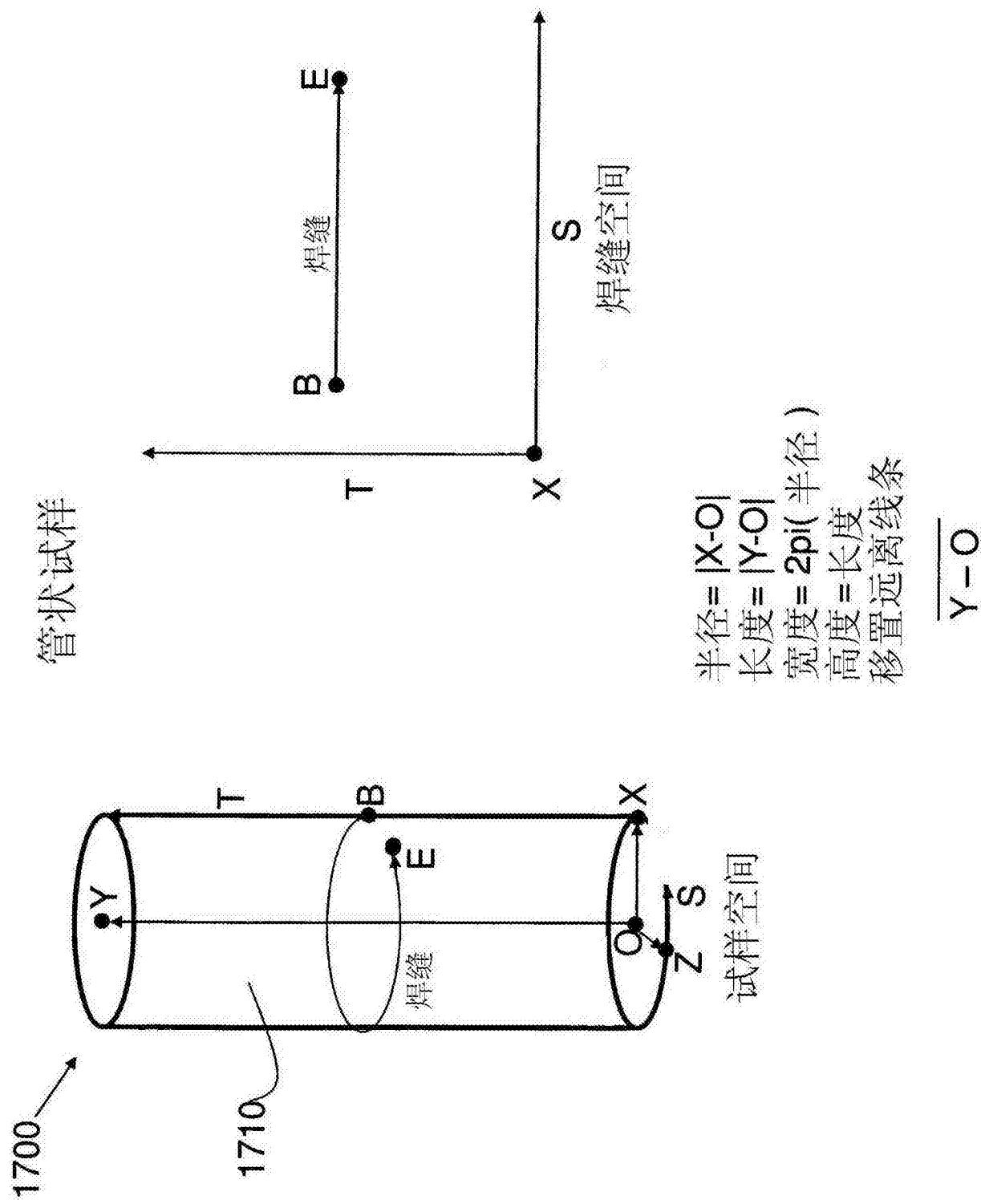


图 17

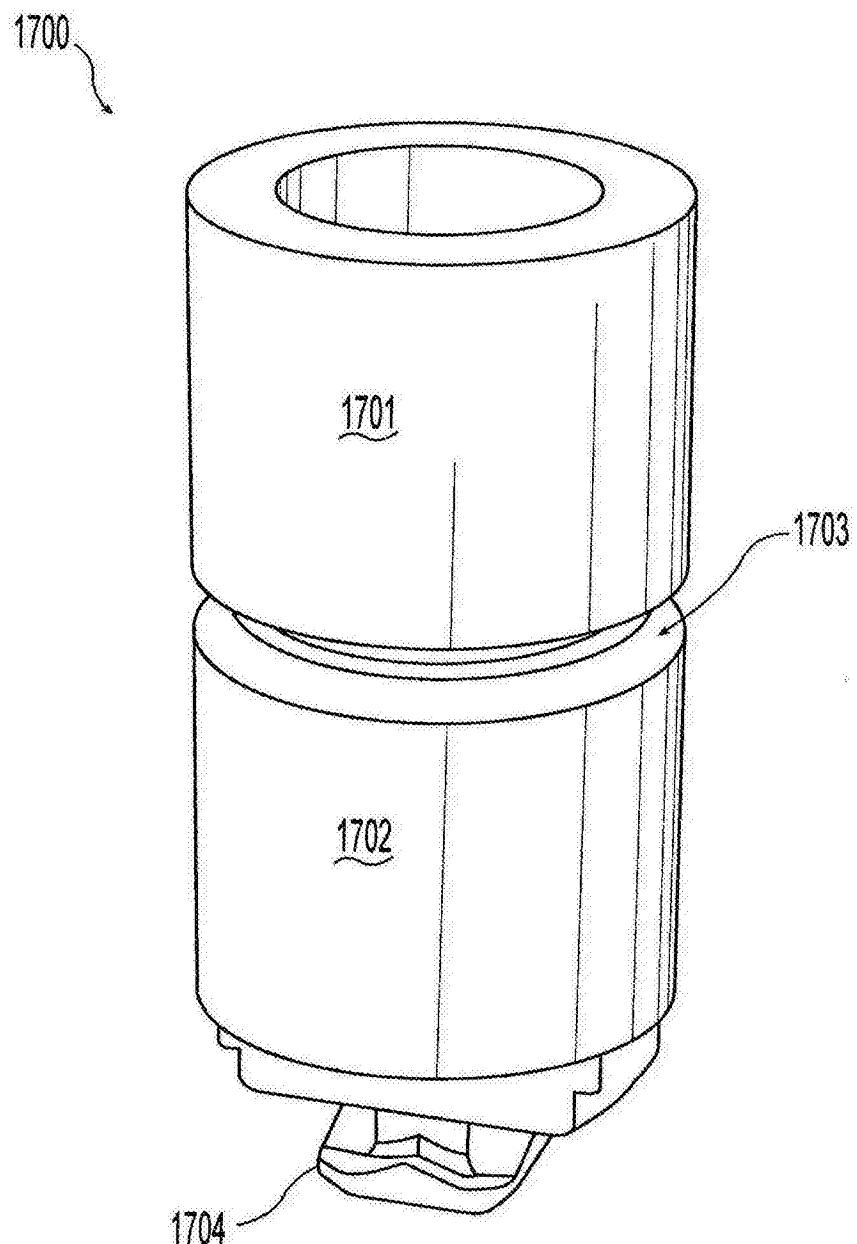


图 18

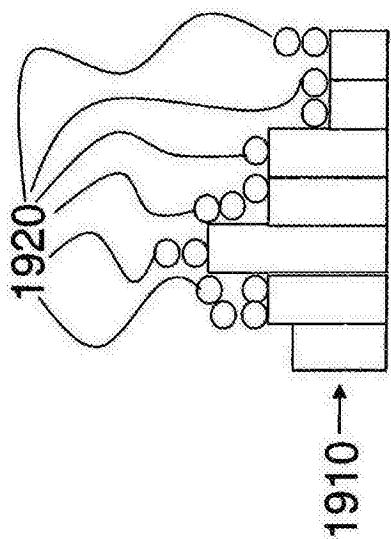


图 19A

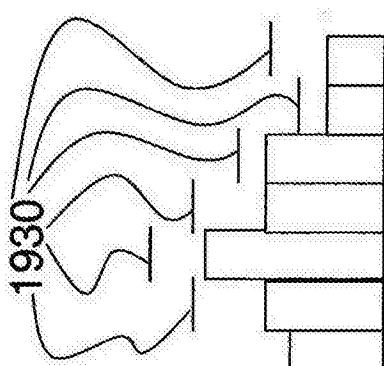


图 19B

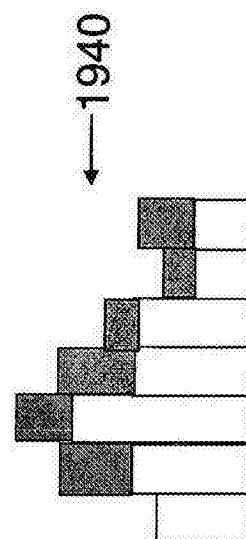


图 19C

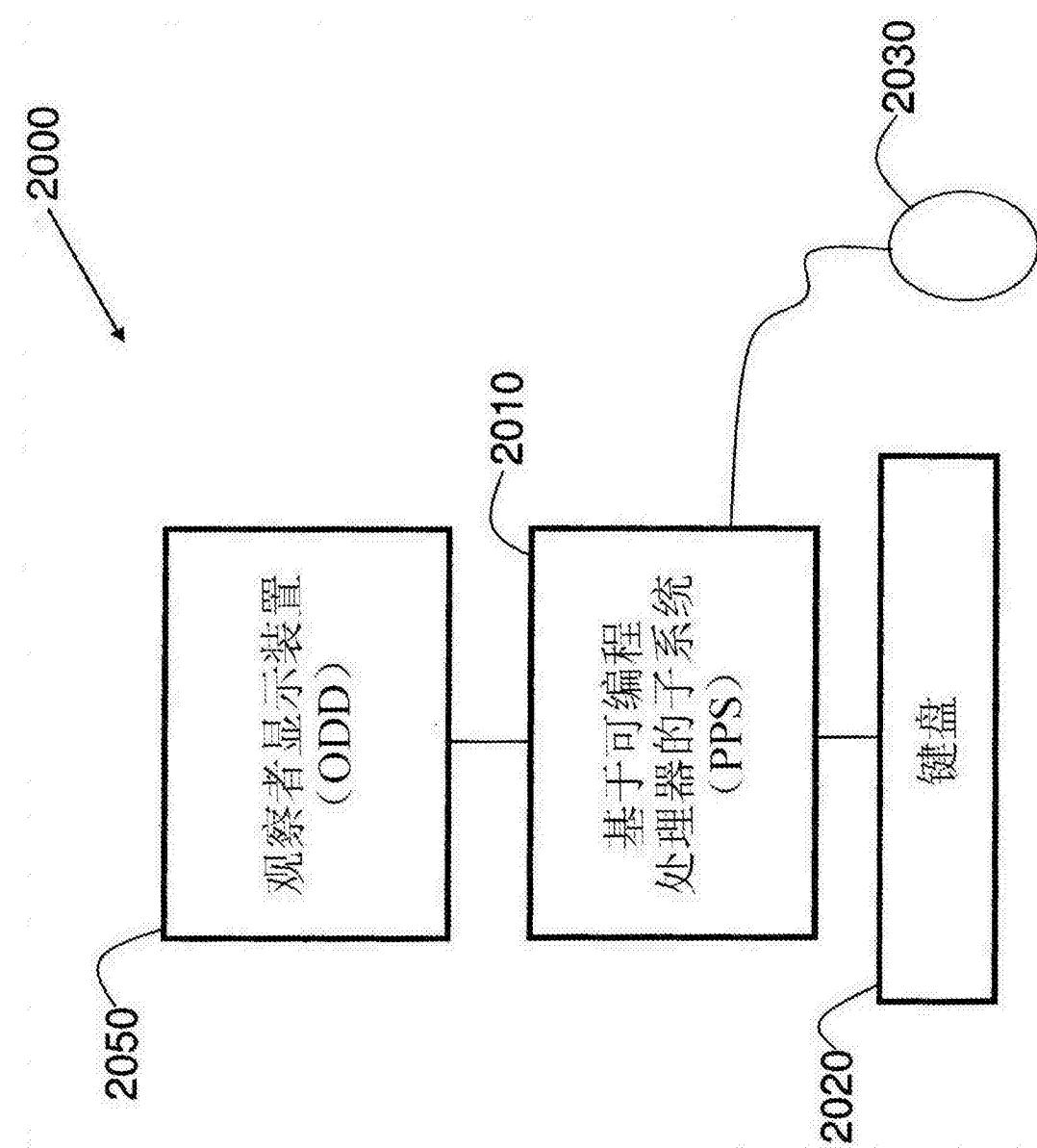


图 20

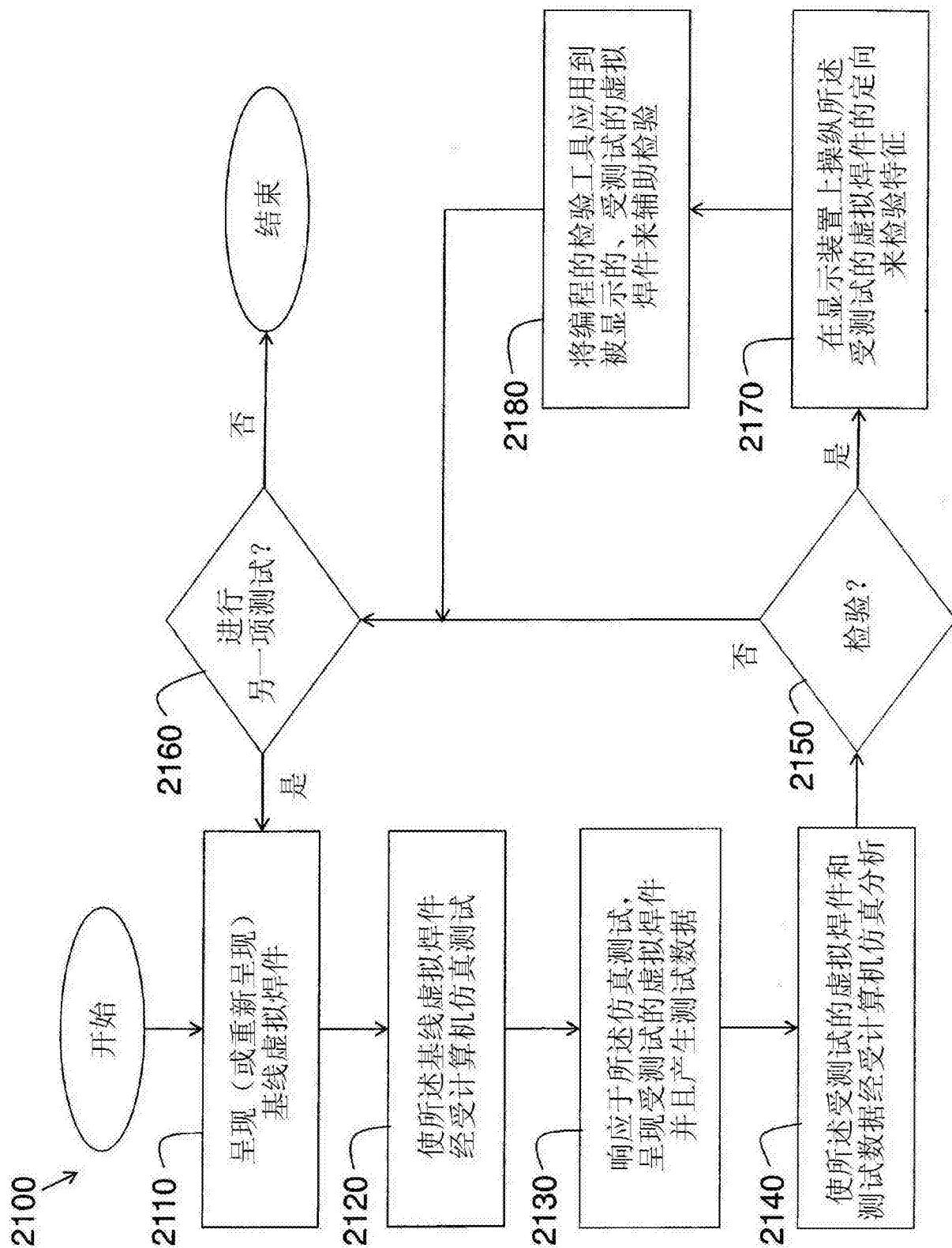


图 21

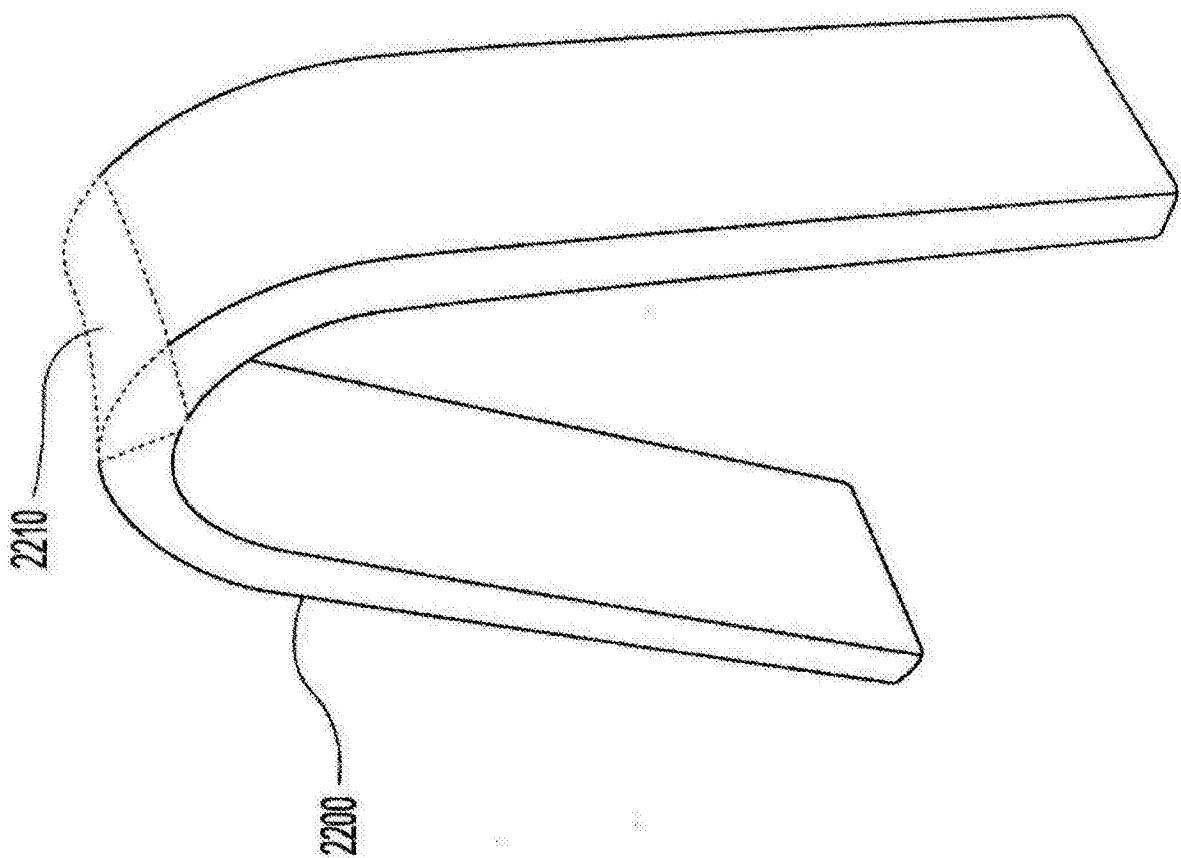


图 22

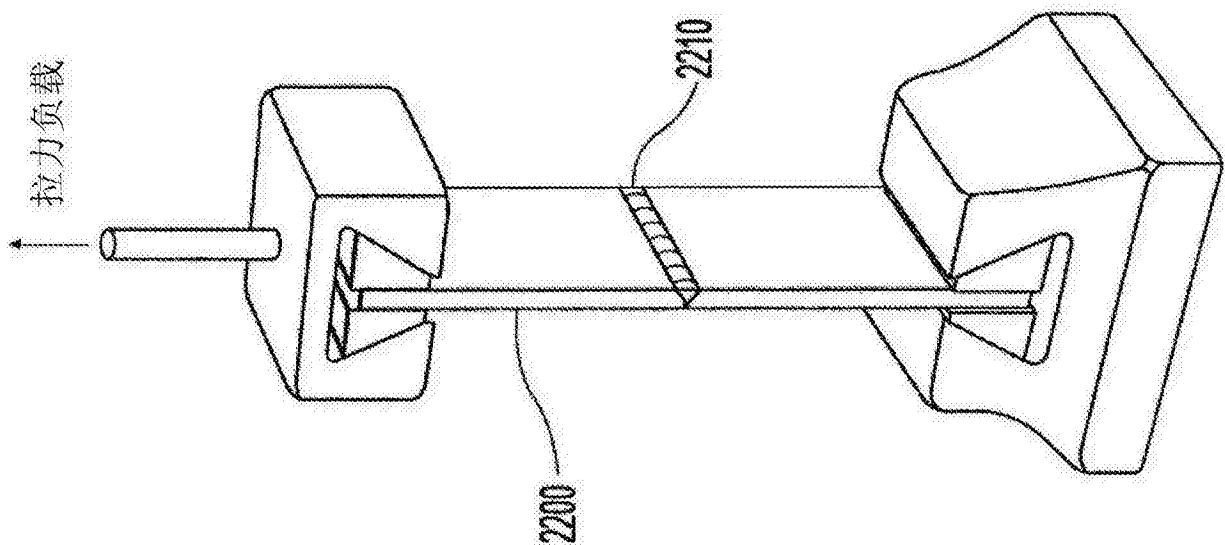


图 23

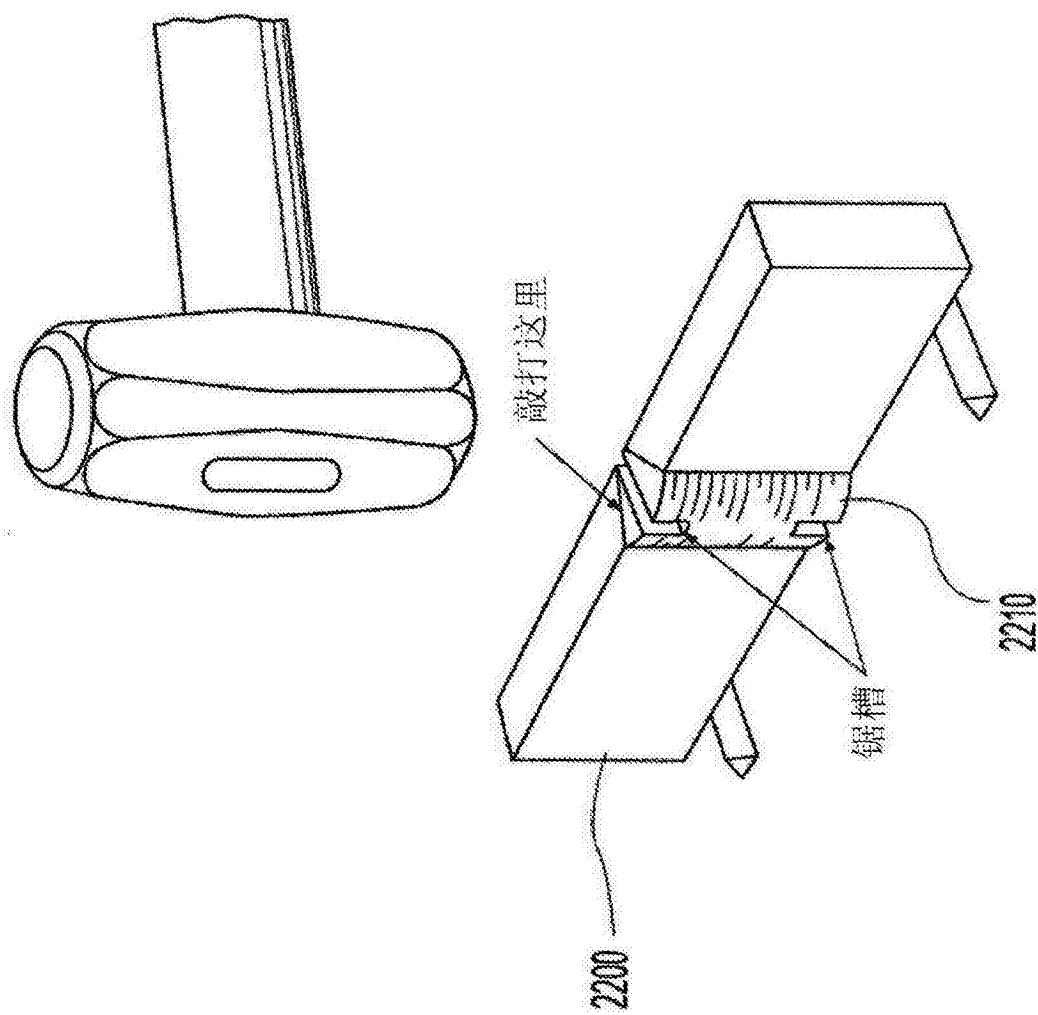


图 24

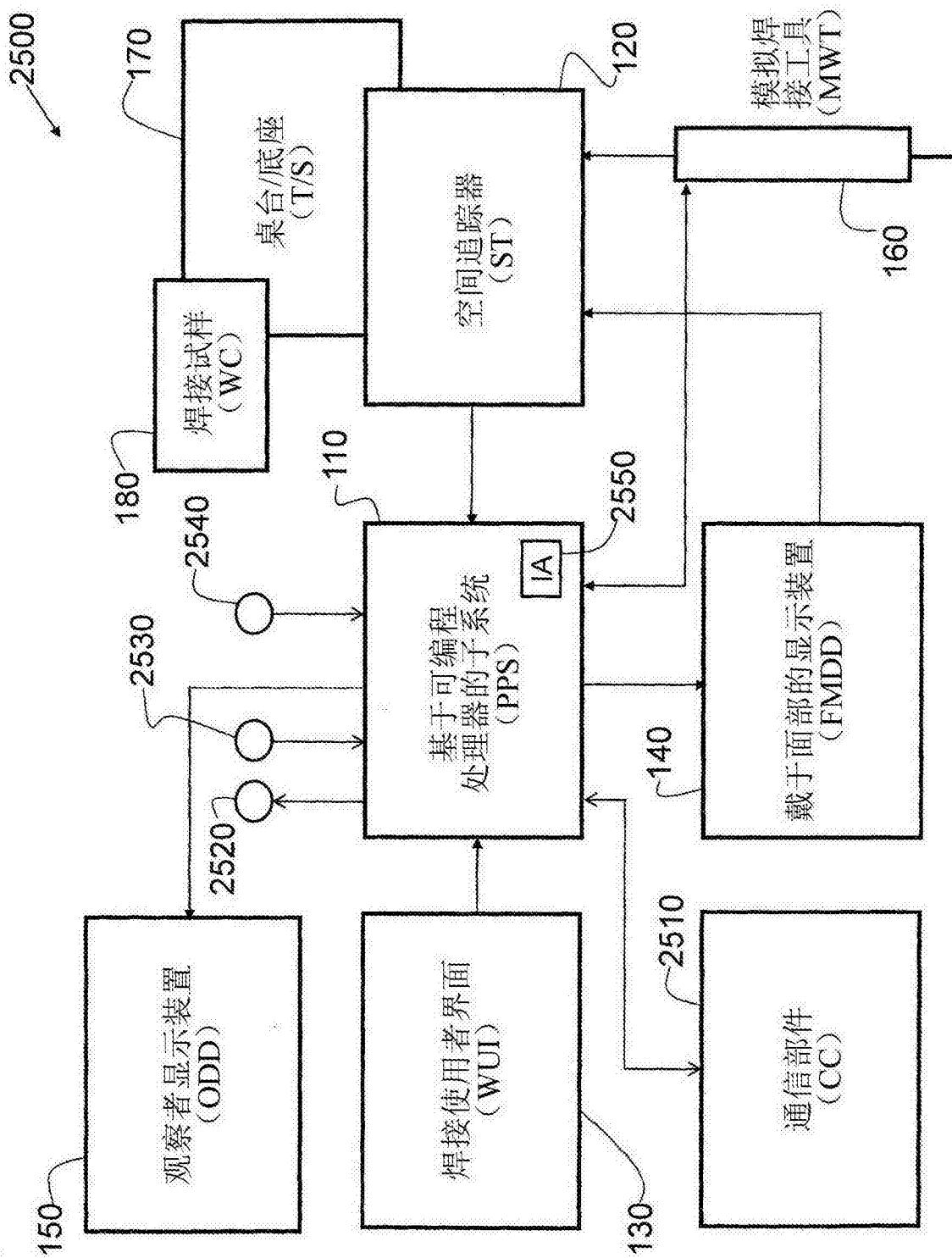


图 25

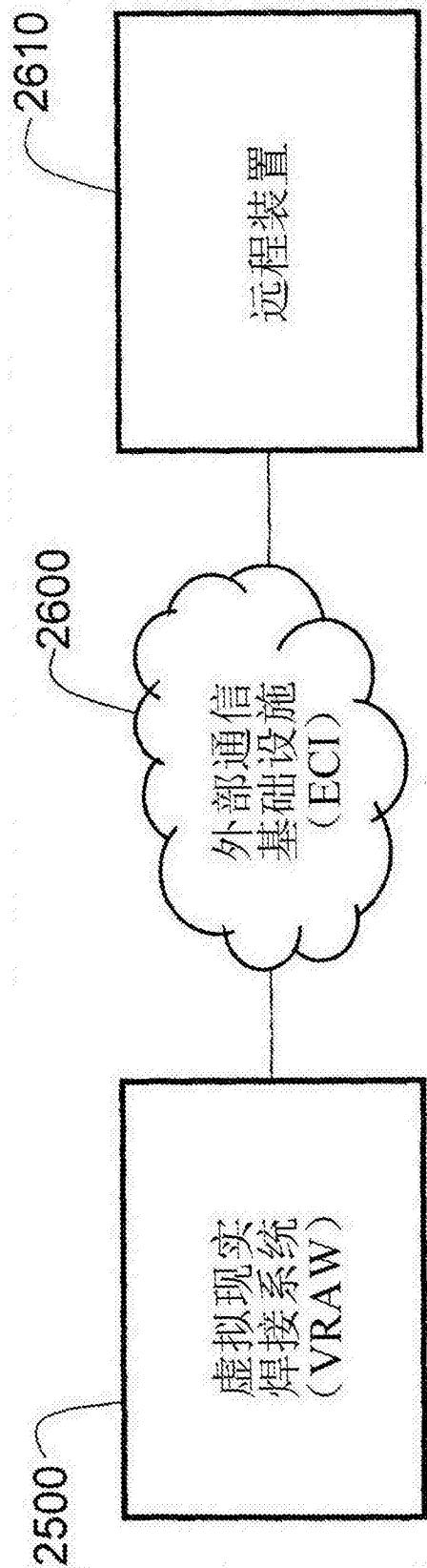


图 26

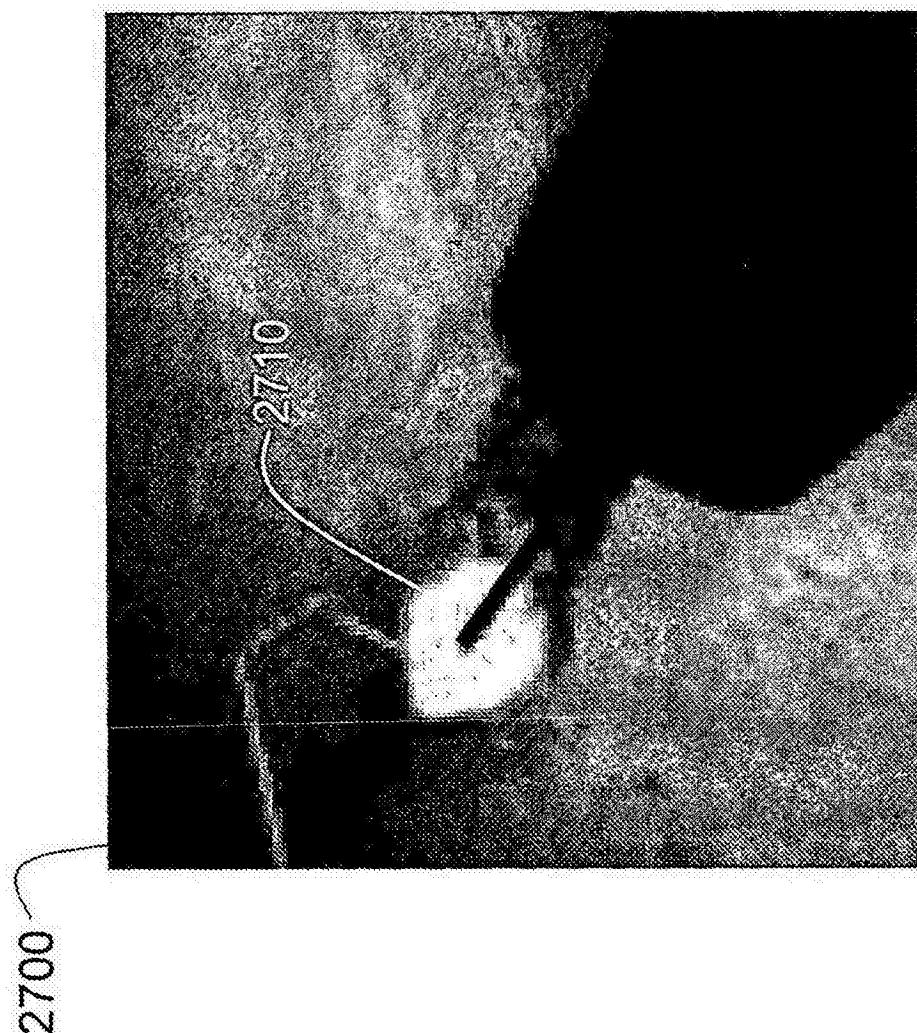


图 27

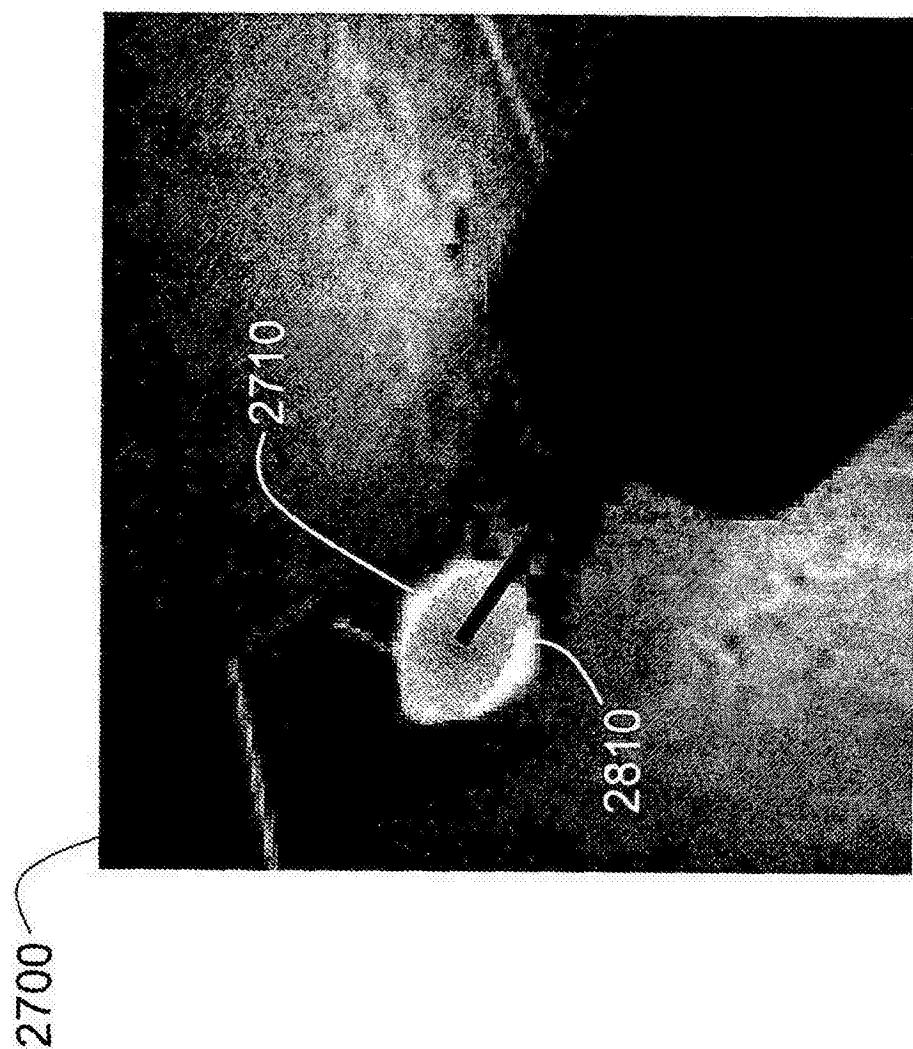


图 28