



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110753900 B

(45) 授权公告日 2024. 08. 27

(21) 申请号 201880039971.3  
(22) 申请日 2018.06.15  
(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110753900 A

(43) 申请公布日 2020.02.04

(30) 优先权数据  
62/520,958 2017.06.16 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2019.12.16

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2018/037952 2018.06.15

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02018/232375 EN 2018.12.20

(73) 专利权人 威尔乌集团  
地址 美国华盛顿

(72) 发明人 S·尼特菲尔德 J·G·莱因堡  
E·J·霍普 P·布赖恩  
S·R·布里特 J·W·穆哈  
C·M·戈特沙尔克 J·斯洛卡姆

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司  
72002  
专利代理师 陈珊

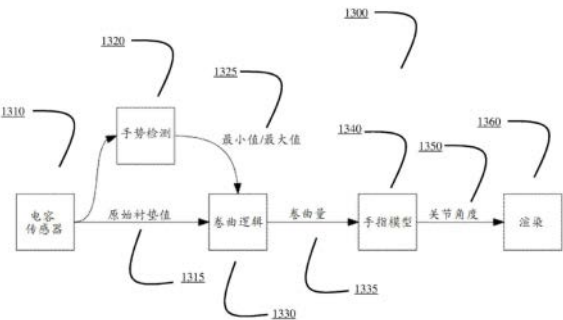
(51) Int.Cl.  
G06F 3/01 (2006.01)  
B25J 13/02 (2006.01)  
A61B 5/11 (2006.01)

(56) 对比文件  
WO 2016140924 A1, 2016.09.09  
审查员 赵泽轩

权利要求书3页 说明书11页 附图19页

(54) 发明名称  
具有手指运动感测的电子控制器

(57) 摘要  
一种控制器,包括:主体,所述主体具有手柄;以及接近传感器阵列,所述接近传感器阵列 在空间上分布在所述手柄的外表面上、里面、下方或附近,所述接近传感器阵列响应于用户的手 指对那个外表面的接近。手指跟踪器将所述接近 传感器阵列的输出转换为与多根所述用户的手 指相对应的一组关节角度。所述控制器可以包括 渲染器,所述渲染器用于处理所述关节角度以使 手网变形,所述手网经过渲染以供显示。可以计 算值以促进所述接近传感器阵列的所述输出的 归一化,并且进而产生一组归一化的手指检测数 据。可以通过卷曲逻辑处理此数据以产生关于所 述用户的总的手指卷曲的线性估计,并且进而产 生所述用户的多个手指关节角度的一组估计。



1. 一种手指关节角度估计系统,包括:
  - 一个或多个处理器;和
  - 一个或多个计算机可读介质,其存储计算机可执行指令,所述指令在由所述一个或多个处理器执行时使得所述一个或多个处理器执行包括以下的操作:
    - 从接近传感器接收接近数据,所述接近数据表示用户的手指与手持式控制器的手柄的接近;
    - 监测所述接近数据直至检测到所述用户的预定手势;
    - 在检测到所述预定手势之后,确定对于所述接近传感器的最大值以及对于所述接近传感器的最小值以针对所述用户归一化所述接近数据并且因此生成一组归一化的手指检测数据;以及
    - 至少部分地基于所述一组归一化的手指检测数据来确定所述手指的估计关节角度,其中确定所述手指的估计关节角度包括:
      - 至少部分地基于所述一组归一化的手指检测数据产生未经滤波的手指卷曲值;以及
      - 将所述未经滤波的手指卷曲值通过:
        - 中值滤波器,以拒斥瞬时尖峰;和
        - 回差滤波器,以移除基线传感器噪声。
2. 如权利要求1所述的系统,还包括:
  - 所述手持式控制器,其包括:
    - 控制器主体,其具有所述手柄;以及
    - 所述接近传感器,其耦合到所述手柄并且响应于所述用户的所述手指对所述手柄的接近。
3. 如权利要求1或2所述的系统,所述操作还包括:
  - 处理所述估计关节角度以使手网变形,所述手网经过渲染以供显示。
4. 如权利要求2所述的系统,其中所述手持式控制器用于与虚拟现实系统联合使用。
5. 如权利要求2所述的系统,其中所述手持式控制器包括设置在所述控制器主体内的可再充电电池。
6. 如权利要求2所述的系统,其中所述手持式控制器包括固定到所述控制器主体的跟踪弧。
7. 如权利要求6所述的系统,其中所述跟踪弧包括多个跟踪传感器,所述多个跟踪传感器响应于由所述系统的电子装置发射的电磁辐射。
8. 如权利要求2所述的系统,其中所述手持式控制器包括手保持器,所述手保持器被配置成物理偏置所述用户的手掌与所述手柄的外表面相抵靠。
9. 如权利要求2所述的系统,其中所述控制器主体还包括从所述手柄延伸的远端头部,所述远端头部包括:
  - 远端,和
  - 设置在所述手柄与所述远端之间的至少一个拇指操作的控制件。
10. 如权利要求2所述的系统,其中所述接近传感器包括嵌入所述手柄的外表面下方的多个电容性传感器,所述外表面包括电绝缘材料。
11. 如权利要求2所述的系统,其中所述接近传感器被并入到一个或多个柔性印刷电路

中,并且其中所述一个或多个柔性印刷电路中的每一者附接到所述手柄的内表面。

12. 如权利要求2所述的系统,其中所述接近传感器包括包含多个电容性传感器的阵列。

13. 如权利要求1或2所述的系统,其中所述接近传感器包括响应于所述用户的多个手指的接近的多个传感器,所述接近数据表示所述多个手指对所述手柄的接近,并且用于确定所述多个手指的估计关节角度。

14. 如权利要求2所述的系统,其中所述手持式控制器还包括:

一个或多个力感测电阻器在所述控制器的各种区域处合并至外表面中;以及

来自所述一个或多个力感测电阻器的数据被合并至手指追踪技术中以改善所述手指的估计关节角度的准确度。

15. 如权利要求1或2所述的系统,其中确定所述手指的估计关节角度包括通过一组卷曲逻辑处理所述一组归一化的手指检测数据以产生总的手指卷曲的线性估计。

16. 如权利要求1或2所述的系统,其中确定所述手指的估计关节角度包括将所述一组归一化的手指检测数据传递通过一组卷曲逻辑以产生总的手指卷曲的线性估计,所述线性估计然后通过运动手指模型进行处理。

17. 如权利要求1或2所述的系统,其中确定所述手指的估计关节角度包括至少部分地基于所述一组归一化的手指检测数据产生未经滤波的卷曲值。

18. 如权利要求1或2所述的系统,其中所述操作进一步包括通过曲线拟合逻辑处理经滤波的卷曲值以产生最终手指卷曲量,以经由关节模型生成一组关节角度。

19. 一种手指关节角度估计方法,其包括:

从接近传感器接收数据,所述数据表示用户的手指相对于控制器的手柄的接近;

监测所述数据直至检测到所述用户的预定手势;

在检测到所述预定手势之后,确定对于所述接近传感器的最大值以及对于所述接近传感器的最小值以针对所述用户归一化所接收的数据并且因此生成一组归一化的手指检测数据;以及

至少部分地基于所述一组归一化的手指检测数据确定所述手指的关节角度的估计,其中确定所述手指的估计关节角度包括:

至少部分地基于所述一组归一化的手指检测数据产生未经滤波的手指卷曲值;以及

将所述未经滤波的手指卷曲值通过:

中值滤波器,以拒斥瞬时尖峰;和

回差滤波器,以移除基线传感器噪声。

20. 如权利要求19所述的方法,还包括:

至少部分地基于所述手指的所述关节角度的所述估计而产生手网;以及

渲染所述手网以供显示。

21. 如权利要求19所述的方法,其中所述预定手势包括放开手势。

22. 如权利要求19所述的方法,其中将所述接近传感器并入到一个或多个柔性印刷电路中,并且其中所述一个或多个柔性印刷电路中的每一者附接到所述手柄的内表面。

23. 如权利要求19所述的方法,还包括:

通过一组卷曲逻辑处理所述一组归一化的手指检测数据以产生关于所述用户的手指

卷曲的估计;以及

至少部分地基于所述手指卷曲的估计计算所述关节角度的所述估计。

24.如权利要求23所述的方法,其中所述关节角度的所述估计是线性估计。

25.如权利要求19所述的方法,其中所述所接收的数据表示多个手指对所述手柄的接近以确定所述多个手指的估计关节角度。

26.如权利要求19所述的方法,还包括:

从在所述控制器的各种区域处合并至外表面中的一个或多个力感测电阻器接收第二数据;以及

将所述第二数据合并入手指追踪技术中以改进所述手指的所述估计关节角度的准确度。

## 具有手指运动感测的电子控制器

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求在2017年6月16日提交的临时申请序列号62/520,958的权益,所述申请的内容以全文引用的方式并入本文以用于所有目的。

### 背景技术

[0003] 已经针对多种游戏应用设计、制造和销售各种手持式视频游戏控制器。手持式控制器技术中的一些创新在视频游戏行业之外具有适用性,例如用于工业机器、防御系统、机器人等的控制器。虚拟现实(VR)系统是在视频游戏行业内外受到当代极大关注并且具有快速技术进步的应用。用于VR系统的控制器被设计成执行若干不同的功能,并且满足严格的(和有时有竞争性的)约束条件,同时常常优化了特定期望的特性,例如使用简易性和用户定义的可配置性。

[0004] 已知多种增强现实系统和/或虚拟现实系统和/或环境。当前的一代桌上型VR体验是使用头戴式显示器(“HMD”)产生的。此类桌上型VR体验一般设法是完全沉浸式的,并且使用户的感觉与他们的周围环境断开联系。

[0005] 在通常在一些VR系统中使用的HMD的示例性环境中,人类用户佩戴头戴式虚拟现实设备,所述头戴式虚拟现实设备包括与用户的眼睛中的每只眼睛紧密接近的显示器、在用户耳朵里面或附近的耳机或其他声音产生装置,以及一个或多个手持式控制器。图1是佩戴了头戴式VR显示设备(22)的人类用户(10)的示例性图,所述头戴式VR显示设备包括可以用于跟踪VR显示设备的位置和定向的光学接收器和传感器(23a、23b、23c等)。非限制地,HMD可以关联到固定的计算机(例如,个人计算机(“PC”)、膝上型计算机或游戏控制台),或者可替代地可以是独立的(即,在单个头戴式装置中容纳一些或全部感官输入端、控制器/计算机和输出端全部)。

[0006] 已知用于通过现实或增强的形式将用户握住的物理控制装置(还称为控制器)转换为虚拟现实环境的各种技术,从而模拟根据虚拟环境而定制和/或提供背景特定信息的用户握住的实际控制装置或其变化形式。举例来说,图2描绘虚拟现实环境(50)中的示例性显示器,其中实际游戏控制装置(52)的虚拟图像处于在实际物理环境中正握住控制装置并且佩戴了头戴式VR显示设备(例如,在图1中示出的设备22)的人类用户(例如,在图1中示出的用户10)的视野中。出于参考目的,在图2中描绘的示例性虚拟环境(50)中的显示器还包括桌子(54)和窗户(56)的虚拟表示。控制器程序向用户提供用户的物理控制装置(52)的虚拟表示,所述虚拟表示可以是现实的或者经过增强以反映控制装置和其交互式元件的虚拟背景和/或功能。当用户在实际物理环境中移动实际控制装置时,可以使用在本领域中已知并且在本文进一步描述的各种技术跟踪这些移动,从而实现控制装置(52)在虚拟现实环境内的虚拟表示的对应移动。

[0007] 然而,检测和显示与用户(或用户的部分)、HMD、可能在使用中的手持式控制装置中的一者或多者,或实际物理环境的任何其他方面的位置相关的特定细节的能力取决于部署在HMD VR系统中的任何传感器和跟踪系统的特定配置。举例来说,熟练技术人员众所周

知的是,HMD和相关联的控制器的位置和定向的准确表示需要使用适当的对象跟踪技术。类似地,用户将他或她的凝视可能指向的地方的准确检测和/或表示可能要求使用适当的眼睛跟踪技术。

[0008] 为了进一步改善用户对例如VR HMD等系统的体验,将有利的是,在以下方面提供更好的解决方案:在用户相对于所述用户在VR会话期间握住的控制装置的部分(例如,手柄部分)移动他或她的手指时跟踪和显示所述用户的手指中的一者或多者的位置。

[0009] 因此,在本领域中需要改进的控制器设计和技术,所述控制器设计和技术可以通过提供新的手指跟踪和/或手势检测解决方案来改进例如VR HMD等系统和/或更好地促进用户操作。

## 附图说明

[0010] 图1是佩戴了用于本发明的某些实施例的方面的头戴式虚拟现实设备的人类用户的示例性图。

[0011] 图2是根据本发明的某些实施例的虚拟现实环境中的示例性显示器,其中实际游戏控制器的虚拟图像与其他对象的虚拟图像一起处于视野内。

[0012] 图3描绘在手保持器处于打开位置的情况下的根据本发明的方面的控制器。

[0013] 图4描绘处于用户的手掌向上的张开的手上的图3的控制器。

[0014] 图5描绘处于用户的合上的手中的图3的控制器。

[0015] 图6描绘处于用户的手掌向下的手中的图3的控制器。

[0016] 图7描绘在手保持器处于打开位置的情况下的一对根据本发明的方面的控制器。

[0017] 图8描绘根据本发明的方面的某些实施例中的示例性柔性印刷电路(“FPC”),其示出用于分别沿着顶部、中心和底部的中指、无名指和小拇指的线性衬垫阵列。

[0018] 图9描绘根据本发明的方面的某些实施例中的示例性FPC的特写。

[0019] 图10描绘根据本发明的方面的某些实施例中的另一示例性FPC的特写,其示出可以如何缩短迹线并且移动到FPC的手掌侧。

[0020] 图11A、图11B和图11C描绘根据本发明的方面的抓握式FPC的三个实施例,其示出衬垫数、间隔和布置的可能的变化。

[0021] 图12是可以用于实施本发明的某些实施例的方面的计算装置的示例性图。

[0022] 图13描绘在某些实施例中的根据本发明的方面的手指跟踪技术的框图。

[0023] 图14描绘在某些实施例中的根据本发明的方面的手指跟踪技术的框图。

[0024] 图15A和图15B描绘示出根据本发明的方面的在被跟踪的手指完全伸展(15A)和完全卷曲(15B)的情况下的关节角度的运动学图。

[0025] 图16描绘根据本发明的方面的示例性虚拟现实显示,其说明用户如何能够在虚拟现实环境中示出他们的有关节手指作为投射到自身或投射到多用户环境中的其他用户的图像。

[0026] 图17描绘在某些实施例中根据本发明的方面的手持式控制装置电容感测能力,其描绘四个电容感测区,即,食指区、中指区、无名指区和小拇指区。

[0027] 图18描绘在某些实施例中根据本发明的方面的控制器,其说明可以通过用户的拇指控制和/或启动的四个区/按钮,即,触控板区、内部按钮、外部按钮和系统按钮。

## 发明内容

[0028] 依据每个特定实现方式的要求,供拥有具有手指和手掌的手的用户操作的根据本发明的方面的一种用于电子系统的手持式控制器包括:控制器主体,所述控制器主体具有带有外表面的手柄部分;接近传感器(其可以是在空间上分布在所述手柄部分的所述外表面上、里面、下方或附近的接近传感器的阵列),所述接近传感器响应于用户的手指对所述手柄部分的所述外表面的接近以生产第一输出;以及手指跟踪器,所述手指跟踪器用于将所述接近传感器的输出转换为与用户的手指中的一者或多者相对应的一组关节角度。举例来说,可以将接近传感器阵列并入到一组一个或多个柔性印刷电路(“FPC”)中,所述一个或多个柔性印刷电路被胶合或以其他方式附接或嵌入到控制器壳体的手柄部分中。

[0029] 所述控制器可以还包括渲染器,所述渲染器用于处理所述多个关节角度以使手网变形,所述手网经过渲染以供显示。

[0030] 而且,依据每一组特定实现方式的要求,根据本发明的方面的手指跟踪方法包括:感测接近传感器的输出,所述接近传感器可以是在空间上分布在用户手持式控制器的手柄部分的外表面上、里面、下方或附近的接近传感器的阵列(例如,可以将接近传感器阵列并入到胶合或以其他方式附接或嵌入到控制器壳体的手柄部分中的一组一个或多个FPC中),其中所述接近传感器响应于用户的手指对所述手柄部分的所述外表面的接近;计算多个值以促进关于所述用户的接近传感器阵列的输出的归一化并且进而产生一组归一化的手指检测数据;以及通过一组卷曲逻辑处理所述一组归一化的手指检测数据以产生关于所述用户的总的手指卷曲的线性估计,并且进而产生与所述用户相对应的一个或多个手指关节角度的一组估计。所述手指跟踪方法可以还包括基于与所述用户相对应的所述多个手指关节角度的所述一组估计而使手网变形,并且进而产生可以被渲染以向所述用户或其他人显示的变形的手网。所述手指跟踪方法可以还包括通过以下操作来初始化所述方法:监测所述接近传感器阵列的所述输出,直到检测到所述用户的预定手势为止。

## 具体实施方式

[0031] 本领域技术人员将认识到,本发明的以下描述仅是说明性的,并且绝非限制性的。受益于本公开的此类技术人员将容易想到本发明的其他实施例,并且在不脱离本发明的精神和范围的情况下,可以将本文界定的一般原理应用于其他实施例和应用。因此,本发明无意受限于所示出的实施例,而是将被赋予与本文所公开的原理及特征一致的最广范围。现在将详细参考在附图中说明的本发明的特定实现方式。将在整个图式和以下描述中使用相同的参考数字来指代相同或相似的部分。

[0032] 图3至图7描绘根据本发明的示例性实施例的电子系统的控制器100。例如VR视频游戏系统、机器人、武器或医疗装置等电子系统可以利用所述控制器100。控制器100可以包括控制器主体110,所述控制器主体具有手柄部分112和手保持器120,所述手保持器用于使控制器100保持在用户的手(例如,用户的左手)中。手柄部分112可以任选地是基本上圆柱形。在此背景下,基本上圆柱形形状不需要具有恒定的直径或完全圆形的横截面。

[0033] 在图3至图7的实施例中,控制器主体110可以包括远端头部(在手柄部分112与远端111之间),所述远端头部可以任选地包括一个或多个拇指操作的控制件114、115、116。举例来说,倾斜按钮或任何其他按钮、旋钮、轮、操纵杆或跟踪球如果可以在控制器100被握在

用户的手中时由用户的拇指在正常操作期间便利地操纵,那么它们可以被视为拇指操作的控制件。

[0034] 控制器100优选包括固定到控制器主体110的跟踪弧130,并且任选地包括两个鼻状物132、134,每个鼻状物从跟踪弧130的两个相对的远端中的对应一者突出。跟踪弧130优选包括设置在其中的多个跟踪传感器,其中至少一个跟踪传感器设置在每个突出的鼻状物132、134中。还可以将额外的跟踪传感器设置在控制器主体110中,其中优选地,至少一个远端跟踪传感器邻近于远端111而设置。

[0035] 前述的跟踪传感器优选地响应于由所述电子系统发射的电磁辐射。举例来说,所述电子系统可以是朝向控制器100广泛地广播(展现)脉冲红外辐射(即,IR光)的VR游戏系统,其中跟踪弧130的多个跟踪传感器是可以接收所广播的脉冲IR光或被遮蔽以与所广播的脉冲IR光隔离的IR光传感器。每个鼻状物132、134中的跟踪传感器(例如,每个鼻状物中的3个传感器)优选地在跟踪弧130的每个远端上悬挂于用户的手上,并且因此在不具有不可接受量的遮蔽的情况下以更多的角度更好地暴露(在用户的手周围)于由电子系统发射的电磁辐射。

[0036] 在某些实施例中,IR光传感器中的每一者可以被IR透射式聚碳酸酯塑料层覆盖,所述层可以形成窗口以准许IR光影响那个传感器。举例来说,IR透射式塑料可以是薄的(例如,层压膜)。在某些实施例中,IR光传感器中的每一者可以凹进跟踪弧130中,其中IR透射式聚碳酸酯塑料在其上方形成狭窄窗口,使得每个传感器仅从优选的角范围接收IR光(例如,从而避免非期望的内部IR反射)。

[0037] 在其他实施例中,可以由IR透射式塑料制造跟踪弧130和控制器主体110,所述IR透射式塑料具有外部IR不透明涂层以减少非期望的内部IR反射。在这些实施例中,所述外部IR不透明涂层可以包括位于红外(IR)光传感器的位置上的开口。可以将多个跟踪传感器的响应传送到电子系统,并且所述系统可以解译此类响应以有效地跟踪控制器100的位置和定向。

[0038] 优选的是,跟踪弧130和控制器主体110是由例如硬塑料等基本上刚性材料制成,并且被牢固地固定在一起,使得它们相对于彼此不明显平移或旋转。以此方式,优选地不会由于跟踪传感器相对于彼此的运动而将对跟踪传感器星座在空间上的平移和旋转的跟踪复杂化。举例来说,如图3至图7中所示,跟踪弧130可以通过在两个位置接合到控制器主体110而固定到控制器主体110。可以在那两个位置邻近处将手保持器120附接到控制器100(控制器主体110或跟踪弧130),从而与所述两个位置之间的手柄部分112的外表面相抵地偏置用户的手掌。

[0039] 在某些实施例中,跟踪弧130和控制器主体110可以包括具有材料连续性而不是组装在一起的一体的单片部件。举例来说,可以通过单个注塑成型过程步骤将跟踪弧130和控制器主体110模制在一起,从而产生包括跟踪弧130和控制器主体110两者的一个一体的硬塑料部件。可替代地,跟踪弧130和控制器主体110起初可以分开地制造,并且随后组装在一起。无论哪种方式,可以将跟踪弧130视为固定到控制器主体110。

[0040] 手保持器120在图3中示出为处于打开位置。可以任选地通过弯曲的弹性部件122将手保持器120偏置于打开位置,以在用户抓握控制器时在视觉被VR护目镜(即,HMD)阻挡的情况下有助于将用户的左手插入手保持器120与控制器主体110之间。举例来说,所述弯



曲的弹性部件122可以任选地是弹性地弯曲的柔性金属条带,或者可以包括可以基本上弹性地弯曲的替代性塑料材料,例如尼龙。所述弯曲的弹性部件122可以任选地部分地或完全地处于缓冲或织物材料124(例如,氯丁橡胶护套)之内或者被所述缓冲或织物材料覆盖,以让用户舒适。可替代地,缓冲或织物材料124可以仅设置在(例如,粘附到)所述弯曲的弹性部件122的面向用户的手的那侧上。

[0041] 例如通过包括被弹簧偏置的止动器128系紧的拉绳126,手保持器120的长度可以任选地是可调整的。拉绳126可以任选地具有可以用作挂带的多余长度。护套124可以任选地附接到所述拉绳。在某些实施例中,所述弯曲的弹性部件122可以预载有所述系紧的拉绳128的张力。在这些实施例中,弯曲的弹性部件122向手保持器120赋予的所述张力(用于将所述手保持器偏置于打开位置)致使所述手保持器在松开拉绳128时自动打开。本公开还预期用于调整手保持器120的长度的替代性常规方式,例如夹板、弹性带(其在插入手时临时地拉伸,使得其施加弹性张力以压在手背上)、允许长度调整的钩和环带子附件等。

[0042] 手保持器120可以设置在手柄部分112与跟踪弧130之间,并且可以被配置成接触用户的手背。图4示出在用户的左手插入其中但未抓握控制器主体110的操作期间的控制器100。在图4中,经由手闭合和拉紧手保持器,以与手柄部分112的外表面相抵地物理地偏置用户的手掌。那样,手保持器在闭合时可以使控制器100保持在手上,甚至当手未抓握控制器主体110时也如此。图5和图6描绘当手保持器120闭合并且手正抓握着控制器主体110并且拇指正在操作拇指操作的控制件中的一者或多者(例如,跟踪板116)时的操作期间的控制器100。

[0043] 控制器主体110的手柄部分112优选地包括在空间上部分地或完全分布在其外表面周围的接近传感器阵列。所述接近传感器阵列优选地响应于用户的手指对手柄部分112的外表面的接近。举例来说,接近传感器阵列可以是嵌入手柄部分112的外表面下方的多个电容传感器,其中那个外表面包括电绝缘材料。此类电容传感器阵列与用户的手的一部分之间的电容与其间的距离逆相关。可以通过将RC振荡器电路连接到电容传感器阵列的元件来感测电容,请注意,所述电路的时间常数(和因此振荡周期和振荡频率)将随着所述电容而变。以此方式,所述电路可以检测用户的手指从手柄部分112的外表面的释放。

[0044] 当手保持器120(例如,手保持带子)紧密地闭合时,其不仅可以用于防止控制器100从手里掉落,而且使手指不会相对于手柄部分112的接近传感器阵列过分平移,从而更可靠地感测手指运动。所述电子系统可以包括一种算法,所述算法体现手指的在解剖学上可能的运动,从而更好地使用来自接近传感器阵列的感测来渲染受控人物的手的张开、手指指向,或手指相对于控制器或相对于彼此的其他运动。以此方式,用户对控制器100和/或手指的移动可以有助于控制VR游戏系统、防御系统、医疗系统、工业机器人或机器,或另一装置。在VR系统应用(例如,用于游戏、训练等)中,所述系统可以基于跟踪传感器的移动而渲染投掷运动,并且可以基于用户的手指从控制器的手柄部分的外表面的感测到的释放而渲染所投掷的对象的释放。

[0045] 因此,手保持器120的功能(用于允许用户在控制器100实际上未与手分开或被投掷或掉到地面的情况下“放开”控制器100)可以实现受控电子系统的额外的功能性。举例来说,如果感测到用户对控制器主体110的手柄部分112的抓握的释放和恢复,那么可以将此类释放或抓握并入到游戏中以显示(例如,在VR中)投掷或抓握对象。手保持器120可以允许

反复地且安全地实现此类功能。举例来说,图3至图7的实施例中的手保持器120的位置可以例如当用户响应于在VR环境中感测到的提示而移动时(例如,同时实际上被VR护目镜挡住视线)有助于跟踪弧130保护用户的手背不在现实世界中受到撞击。

[0046] 在某些实施例中,控制器100可以包括设置在控制器主体110内的可再充电电池,并且手保持器120(例如,手保持带子)可以包括电耦合到所述可再充电电池的导电充电电线。控制器100优选地还包括用于与电子系统的其余部分通信的射频(RF)发射器。此类RF发射器可以由所述可再充电电池供电,并且可以响应于拇指操作的控制件114、115、116、控制器主体110的手柄部分112中的接近传感器和/或跟踪弧130中的跟踪传感器。

[0047] 如图7中所示,在某些实施例中,控制器100可以是一对控制器中的左控制器,所述一对控制器包括类似的右控制器200。在某些实施例中,控制器100和200可以(一起)同时跟踪用户的手和手指两者的运动和抓握,例如,从而增强VR体验。

[0048] 在某些实施例中,对于每根手指,电容传感器的线性阵列置于对应的控制器壳体内部,例如,在控制器主体110的手柄部分112内,如图3和图4中所示。传感器衬垫被放置成且大小被设计成适应最广范围的手大小和抓握类型,同时还最小化手指之间的串扰。将这些线性阵列并入到胶合到所述壳体中的一组柔性印刷电路(“FPC”)中。因此,依据每个特定实现方式的要求,接近传感器阵列可以在空间上分布在用户手持式控制器的手柄部分的外表面上、里面、下方或附近。在某些实施例中,非限制地,可以将接近传感器阵列的一部分嵌入到控制器的手柄部分中。在某些实施例中,接近传感器阵列的一部分位于除了控制器主体110的手柄部分112之外的区域中,例如位于控制器的顶部附近(在用户的拇指通常将所处的位置附近)和/或位于控制器的顶部的下侧附近(在用户的食指通常将所处的位置附近,从而操作触发器或其他合适的按钮或致动器)。

[0049] 在某些实施例中使用市售的电容性感测集成电路(“芯片”)来介接到这些衬垫,并且提供原始电容传感器值,将所述原始电容传感器值馈送到在此文献中稍后参考某些实施例更详细地描述的手指跟踪算法中。图8描绘示例性此类FPC(800),其示出用于分别沿着所述FPC的顶部、中心和底部的中指(810)、无名指(820)和小拇指(830)的线性衬垫阵列。如图8中所示的中指感测区包括标记为20、21、22、23、24、25、26、27、28、29、30和31的传感器。如图8中所示的无名指感测区包括标记为8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18和19的传感器。如图8中所示的小拇指感测区包括标记为3、4、5、6和7的传感器。连接器850(还被标示为“J1”)和860(还被标示为“J7”)促进将于在图8中示出的FPC实施的接近感测阵列中使用的电信号耦合到根据本发明的方面的手指跟踪系统的其他部件(未示出)。熟练技术人员将认识到,还可以依据每个实现方式的特定要求来提供用于食指和拇指的接近感测阵列。在此文献中稍后更详细地描述本发明的相关方面。

[0050] 关于在某些实施例中的迹线布设,设计目标包括尽可能多地最小化迹线长度和宽度,使迹线布设得远离相邻手指,并且使大的电源层或接地层远离感测衬垫和迹线。图9描绘在牢记前述设计目标的同时所开发的根据本发明的方面的示例性FPC的特写。与图8类似地,图9描绘用于分别沿着FPC的顶部、中心和底部的手指(910)、无名指(920)和小拇指(930)的线性衬垫阵列。

[0051] 如图9中所示的中指感测区包括标记为1、3、5、7、8、9、12、15、18、21、24和27的传感器。如图9中所示的无名指感测区包括标记为2、6、11、14、17、20、22、23、25、26、28和29的传

感器。如图9中所示的小拇指感测区包括标记为4、10、13、16和19的传感器。如图9中所示,熟练技术人员将认识到,作为设计过程的部分来确定在FPC实施的接近传感器阵列内的迹线(即,电互连部分)的长度和位置。举例来说,在图9中描绘的示例性迹线940相对长,并且其位于所述FPC的手指侧(例如,而不是手掌侧)上。

[0052] 在一些实施例中,可能存在手指衬垫之间的非对称的交叉耦合。也就是说,例如,移动中指可能会显著影响无名指和小拇指的电容读数,但反之不会如此。这可能是由于迹线布设。因为在某些实施例中感测衬垫必须远离主板,所以到达所述感测衬垫的迹线可能自身非常长。因此,在某些实施例中,迹线的铜区域可能多达感测衬垫区域的10%,从而致使迹线担当沿着它们的长度的弱感测衬垫。例如,当用于无名指和小拇指的迹线布设在中指正下方时,这可能会成为问题。

[0053] 在某些实施例中,通过将所有迹线布设到手掌侧,可以几乎完全消除迹线电容的不利效应。所述迹线可能仍然担当弱感测元件。然而,因为在某些实施例中手掌与控制器进行一致的接触,所以可以校准所述效应。图10描绘根据本发明的方面的某些实施例中的另一示例性FPC的特写,其示出可以如何缩短迹线并且移动到FPC的手掌侧。与图8和图9类似地,图10描绘用于分别沿着FPC的顶部、中心和底部的手指(810)、无名指(820)和小拇指(830)的线性衬垫阵列。与图9相比,图10的迹线相对更短并且已经位于FPC的手掌侧上,使得它们一般在图10中不可见(但可以观察到一些相对短的迹线(例如,迹线(840))。在图10中描绘的FPC一般对应于在图8中描绘的FPC,并且因此那两个图使用相同的数字来指相同或类似的部分。

[0054] 在某些实施例中,关于主动式迹线电容校正,可以采用的单独的方法是使用面向手掌的衬垫来估计迹线电容偏差。这可以通过向沿着给定迹线束的长度的所有面向手掌的衬垫指派小的负权重来完成。更一般来说,可以使用加权和以将相邻衬垫与迹线之间的交叉耦合取消至一阶。

[0055] 在某些实施例中,更小、更多的衬垫是优选的,其中向每根手指分配线性衬垫阵列并且间隔地尽可能远。图11A、图11B和图11C描绘根据本发明的方面的抓握式FPC的三个实施例(分别是1100、900和800),其示出衬垫数、间隔和布设的可能的变化。一般来说,图11A、图11B和图11C描绘FPC设计如何相对于特定实现方式进行演变。图11A描绘较老的FPC设计(1100),其与图11B中示出的稍后的FPC设计(900)(其一般对应于图9)相比具有较少的电容感测区和较不复杂的迹线布设。举例来说,图11A描绘示例性此类FPC(1100)的早期设计,其示出用于分别沿着所述FPC的顶部、中心和底部的手指(1110)、无名指(1120)和小拇指(1130)的线性衬垫阵列。然而,如图11A中所示的中指感测区1110包括单个传感器。类似地,如图11A中所示的无名指感测区1120包括单个传感器,并且如图11A中所示的小拇指感测区1130也包括单个传感器。图11C(项目800)描绘进一步的改进(还在图8和图10中示出,并且如早先描述)。

[0056] 在此详细描述中描述的数据结构和代码通常存储在计算机可读存储介质上,所述计算机可读存储介质可以是存储供计算机系统使用的代码和/或数据的任何装置或介质。这包括(但不限于):磁性和光学存储装置,例如磁盘驱动器、磁带、CD(压缩光盘)和DVD(数字多功能光盘或数字视频光盘);以及计算机指令信号,所述计算机指令信号体现于传输介质中(具有或不具有将信号调制在其上的载波)。举例来说,所述传输介质可以包括通

信网络,例如互联网。

[0057] 图12是可以用于实施本发明的某些实施例的方面的计算装置1200的示例性图。计算装置1200可以包括总线1201、一个或多个处理器1205、主存储器1210、只读存储器 (ROM) 1215、存储装置1220、一个或多个输入装置1225、一个或多个输出装置1230以及通信接口1235。总线1201可以包括准许计算装置1200的部件之间的通信的一个或多个导体。处理器1205可以包括任何类型的常规处理器、微处理器或解译并执行指令的处理逻辑。主存储器1210可以包括随机存取存储器 (RAM) 或存储供处理器1205执行的信息和指令的另一种类型的动态存储装置。ROM 1215可以包括常规的ROM装置或存储供处理器1205使用的静态信息和指令的另一种类型的静态存储装置。存储装置1220可以包括磁性和/或光学记录介质和其对应的驱动器。输入装置1225可以包括准许用户将信息输入到计算装置1200的一种或多种常规机构,例如键盘、鼠标、笔、尖笔、手写辨识、语音辨识、生物识别机构等。输出装置1230可以包括向用户输出信息的一种或多种常规机构,包括显示器、投影仪、A/V接收器、打印机、扬声器等。通信接口1235可以包括使得计算装置/服务器1200能够与其他装置和/或系统通信的任何像收发器一样的机构。计算装置1200可以基于软件指令来执行操作,可以从例如数据存储装置1220的另一计算机可读介质或经由通信接口1235从另一装置将所述软件指令读取到存储器1210中。在存储器1210中包括的软件指令致使处理器1205执行将在稍后描述的过程。可替代地,可以使用硬连线电路来取代软件指令或与软件指令组合地实施与本发明一致的过程。因此,各种实现方式不限于硬件电路和软件的任何特定组合。

[0058] 在某些实施例中,存储器1210可以包括(不限于)高速随机存取存储器,例如DRAM、SRAM、DDR RAM或其他随机存取固态存储器装置;且可以包括(不限于)非易失性存储器,例如一个或多个磁盘存储装置、光盘存储装置、快闪存储器装置,或其他非易失性固态存储装置。存储器1210可以任选地包括相对于处理器1205远程地定位的一个或多个存储装置。存储器1210,或存储器1210中的存储装置(例如,一个或多个非易失性存储装置)中的一者或多者可以包括计算机可读存储介质。在某些实施例中,存储器1210或存储器1210的计算机可读存储介质可以存储以下程序、模块和数据结构中的一者或多者:操作系统,所述操作系统包括用于处置各种基本系统服务和用于执行硬件相关任务的程序;网络通信模块,所述网络通信模块用于经由一个或多个通信网络接口和一个或多个通信网络将计算装置1210连接到其他计算机,所述通信网络例如为互联网、其他广域网、局域网、城域网等;客户端应用,所述客户端应用可以准许用户与计算装置1200交互。

[0059] 图13描绘在某些实施例中的根据本发明的方面的手指跟踪技术的框图。如图13中所示,根据某些实施例的手指跟踪算法1300将原始电容传感器值(即,电容性接近感测阵列1310的输出)作为其输入。已经在图8至图11C中示出并且在上文描述了此类阵列的示例。手指跟踪算法1300输出与被跟踪的用户的手指中的每一者相对应的一组关节角度(1350)。在初始化时,使用手势检测技术(1320)监测特定手势的原始传感器数据(1315)。稍后描述关于特定实施例的基于手势检测的此类初始化的示例性细节。一旦检测到,计算出允许归一化用户的原始传感器数据的特定最小值/最大值(1325)。随后使归一化的数据通过卷曲逻辑(1330),所述卷曲逻辑产生总的手指卷曲的线性估计(1335)。随后通过运动学手指模型(1340)处理此归一化的数据以产生被跟踪的个别的手指关节角度的估计(1350)。随后可以通过渲染逻辑(1360)处理所述关节角度(1350)以使手网变形,可以渲染所述手网以向用户

(或向一个或多个其他用户)显示。在整个此文献中描述与根据本发明的方面的手指跟踪技术的前述成分相关的额外细节。

[0060] 如已经论述,在某些实施例中,被跟踪的每根手指具有沿着手指的长度大致对准的对应的电容传感器线性阵列。当手完全张开时,每个传感器输出将保持在某一低值。当手指包围控制器时,来自每个电容传感器的模拟值按照大致指数方式增加。当手指接触控制器表面并且无法移动得更靠近中心时,传感器输出止于某一最大值。如图13中所示,可以将每个实施例(1315)中使用的电容性接近传感器阵列的输出路由到卷曲逻辑(1330)和手势检测逻辑(1320)以用于初始化。

[0061] 关于根据某些实施例的手势检测逻辑(1320),为了执行归一化步骤,必须首先确定每个传感器的最小值和最大值。这在某些实施例中可能是问题,因为这些值对于每个传感器可能都不同、可能因人而异,并且还可能在播放会话的过程中由于用户的皮肤电容改变(例如,由于出汗)或由于用户调整他或她的抓握而改变。

[0062] 在某些实施例中,为了克服此困难,可以监测原始电容值,并且可以尝试识别已知的手势(例如,张开手以抓住某物)。通过在手势开始和结束时作出关于手指姿势的假设,可以估计最小复合值和最大复合值。以此方式,可以在播放会话的过程中连续地执行重新校准。

[0063] 在某些实施例中,所选择的参考手势是“放开”。也就是说,当用户在游戏中伸手去拿某一虚拟对象时,或当执行有意的校准动作时,尝试检测用户何时快速地张开他的手。此选择在某些实施例中是合意的,因为这预期在早期发生且常常在播放会话中发生。

[0064] 为了检测此手势,存储最后N个电容性样本的历史。在每个时间步,随后使用此历史来寻找来自每个手指的传感器子集上的大的下降沿。如果在任何时间步检测到这些子集中的所有传感器的下降沿,那么称检测到手势。当检测到此手势时,在每个衬垫的传感器历史上运行单独的例程以确定其最小值和最大值。为了防止手势检测太快地进行,在每个手势检测事件之后强制执行锁定周期(当前设定为0.5秒)。为了相对于错误肯定的手势检测的稳健性,存储先前检测到的最小值和最大值的历史(在某些实施例中N等于五),在卷曲逻辑中仅选择使用所述值的中值。

[0065] 图14描绘在某些实施例中的根据本发明的方面的手指跟踪技术(1400)的框图。如图14中所示,为了估计每根手指的卷曲量,首先通过以下操作来计算每个传感器对手指卷曲的总量的贡献:在先前论述的最小值和最大值之间归一化(使用归一化逻辑1410)每个传感器(即,  $a_1 \cdots a_i \cdots a_N$ ) 的输出,使得归一化的传感器输出在手完全张开(卷曲是零)时是零,并且在手完全闭合(卷曲是一)时是一。应注意,在这里使用术语“归一化”的一般意义,并且输出不限于范围[0,1]。也就是说,允许输出在用户紧紧地挤压控制器时超过1,并且在用户完全伸展他或她的手指时下降到0以下,这取决于每个特定实现方式的要求。

[0066] 一旦已经归一化原始电容值,执行加权和(1420)以产生未经滤波的手指卷曲量。对权重( $w_i$ )进行选择以使得N个权重的总和等于一,即:

$$[0067] \quad \sum_{i=1}^N w_i = 1$$

[0068] 随后首先使此未经滤波的手指卷曲值通过中值滤波器(1430),且随后通过回差滤波器(1440)。中值滤波器(1430)有助于拒斥瞬时尖峰,而回差滤波器(1440)有助于移除在很小的手指运动或没有手指运动周期期间的基线传感器噪声。

[0069] 通过曲线拟合逻辑(1450)处理滤波器卷曲值以产生最终的手指卷曲量,经由关节模型(1460)处理所述最终的手指卷曲量以产生一组关节角度(1470)。依据每个特定实现方式的特定要求,简单的指数拟合可以是足够的,但可以使用更复杂的曲线。

[0070] 先前参考某些实施例所描述的手势检测方法(例如,用于初始化)有助于确定在手完全张开(卷曲等于零)和完全闭合(卷曲等于一)时的电容传感器值。然而,此方法不提供关于中间点的任何细节。卷曲逻辑产生整个手指的大致线性化的卷曲值,但需要每根手指的某一额外的模型来产生手指上的每个关节的角度。

[0071] 与关节模型(例如,如图14中所示的项目1460)对应,图15A和图15B描绘示出根据本发明的方面的在手指完全伸展(图15A)和完全卷曲(图15B)的情况下的关节角度的运动学图。如图15A和图15B中所示,在某些实施例中,可以假设简单的比例模型,其中关节角度通过单个比例因数彼此相关,即:

$$[0072] \quad \theta_1 = k_1 C$$

$$[0073] \quad \theta_2 = k_2 C$$

$$[0074] \quad \theta_3 = k_3 C$$

[0075] 通过实验确定所述比例因数,使得,对于给定的手网和对象网,当卷曲是一时,所述手指完全围住所述对象。实际上,这通过创建动画来实现,所述动画在手指完全伸展时含有一个关键帧,在手指完全围住对象时含有另一关键帧,并且使用卷曲值插入它们之间。

[0076] 在其他实施例中,关节角度之间的关系可能更复杂,并且可以实施更详细的手指模型,这取决于每个特定实现方式的要求。

[0077] 在某些实施例中,在抓握-放开事件期间未改变的手掌侧衬垫应被加权为零。而且,在某些实施例中,负加权的衬垫可以有助于消除手指之间的串扰。然而,具有低信号范围的手掌侧衬垫可能会导致噪声。

[0078] 图16描绘根据本发明的方面的示例性虚拟现实显示,其说明用户如何能够在虚拟现实环境中示出他们的有关节手指作为投射到自身或投射到多用户环境中的其他用户的图像。如图16中示出,由一个用户观看的虚拟现实显示(1600)可以包括另一用户(1610)的头的表示,以及那个用户的左手(1630)和右手(1620)(以及对应的手指)的虚拟表示。通过实施根据本发明的方面的手指跟踪技术,观看此场景(1600)的用户接收与另一用户的手指(和/或手势)的位置和定向相对应的视觉信息。具体来说,被观看的用户的左手(1630)的虚拟表示显得指示指向手势,其中食指伸展,而中指、无名指和小拇指完全卷曲。相比而言,被观看的用户的右手(1620)的虚拟表示显得指示“摇滚”手势,其中食指和小拇指伸展,而中指和无名指完全卷曲,并且拇指与中指相扣。

[0079] 另外,仍然参考图16,通过实施根据本发明的手指跟踪技术,观看场景(1600)的用户可以接收与他或她自身的手势相对应的视觉表示。举例来说,观看场景(1600)的用户的左手的一部分(1640)在场景中显现为拇指和食指伸展。在示例性场景(1600)中未示出用户的左手的其他部分,因为用户已经将他或她的左手移出在场景(1600)中表示的在特定时间点处渲染的图像帧之外。

[0080] 图17描绘在某些实施例中根据本发明的方面的电容感测能力/映射(1700),其描绘手持式控制装置(100)内的四个电容感测区,即,食指感测区(1750)、中指感测区(1710)、无名指感测区(1720)和小拇指感测区(1740)。依据每个特定实现方式的要求,可以将电容感测区并入用户的拇指所处的区域附近(例如,在控制器100的顶部附近,如图17中示出),从而促进基于跟踪用户拇指的位置对按钮和/或触控板功能性的拇指启动。在此文献中稍后例如参考图18更详细地对此进行论述。在某些实施例中,可以通过根据本发明的方面的手指跟踪技术产生各种变量/值,每个变量/值对应于用户的给定手指的手指跟踪算法的输出。熟练技术人员将认识到,可以将这些变量/值传输到VR系统的其他部件,例如,从而产生具有有关节的用户手指位置信息的显示,例如图16中描绘的显示。

[0081] 另外,在某些实施例中,可以将一个或多个力感测电阻器(FSR)并入到控制器(100)的各个区域处的外表面中,例如并入于控制器的顶部附近(用户的拇指通常将所处的地方下方),和/或用户的中指、无名指和/或小拇指在用户握住控制器主体的手柄部分时通常将接触控制器的主体的区域下方。在某些实施例中,可以将来自任何此类FSR或其他合适的传感器的数据并入到根据本发明的方面的手指跟踪技术中,从而提高手指跟踪器的输出的准确度。类似地,例如使用熟练技术人员已知的传感器融合技术,还可以将与用户的手指中的任一者相对于控制器的手柄部分的位置相关的任何其他可用的信息并入到根据本发明的方面的手指跟踪技术中,从而提高准确度和/或其他期望的跟踪性能参数。

[0082] 图18描绘在某些实施例中实施如本文描述的手指跟踪技术的根据本发明的方面的控制器(100),其说明可以通过用户的拇指控制和/或启动的四个区/按钮,即,触控板区(1810)、内部按钮(1820)、外部按钮(1830)和系统按钮(1840)。依据每个实现方式的特定要求,可以通过物理地按下适当的区或通过在被启动的按钮附近检测用户的拇指尖来启动按钮(1820、1830、1840),同时通过检测用户的拇指尖在触控板区(1810)内相对于多个子区的位置来控制触控板区(1810)。

[0083] 参考本文的特定示例性实施例描述了本发明,但本领域技术人员将认识到,本发明不限于那些特定示例性实施例。预期可以个别地或联合地且可能在不同的环境或应用中使用本发明的各种特征和方面。说明书和图因此将被视为说明性和示例性的,而非约束性的。举例来说,在本文同义地使用词语“优选地”和短语“优选地但不一定”来一致地包括“不一定”或任选地的含义。“包括”、“包括”和“具有”希望是开放式术语。



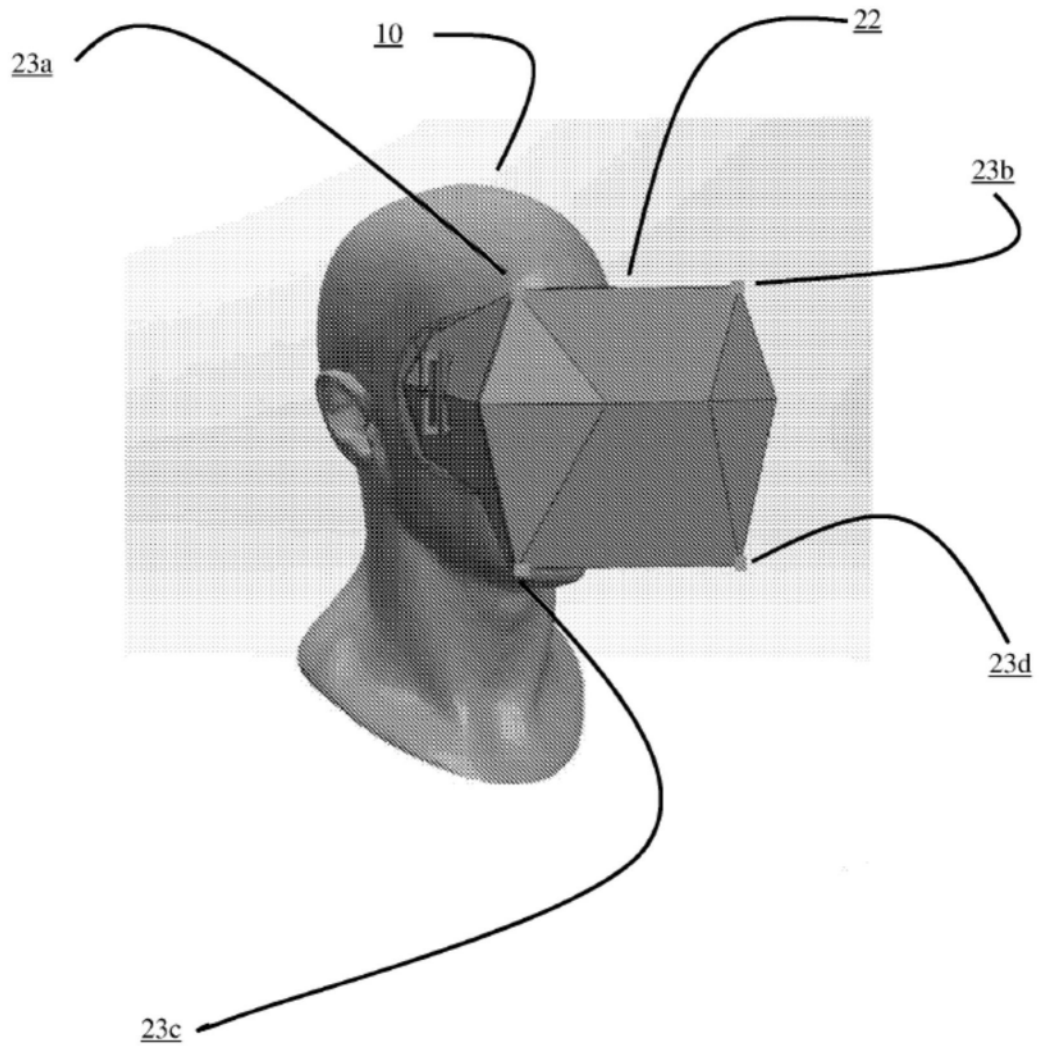


图1



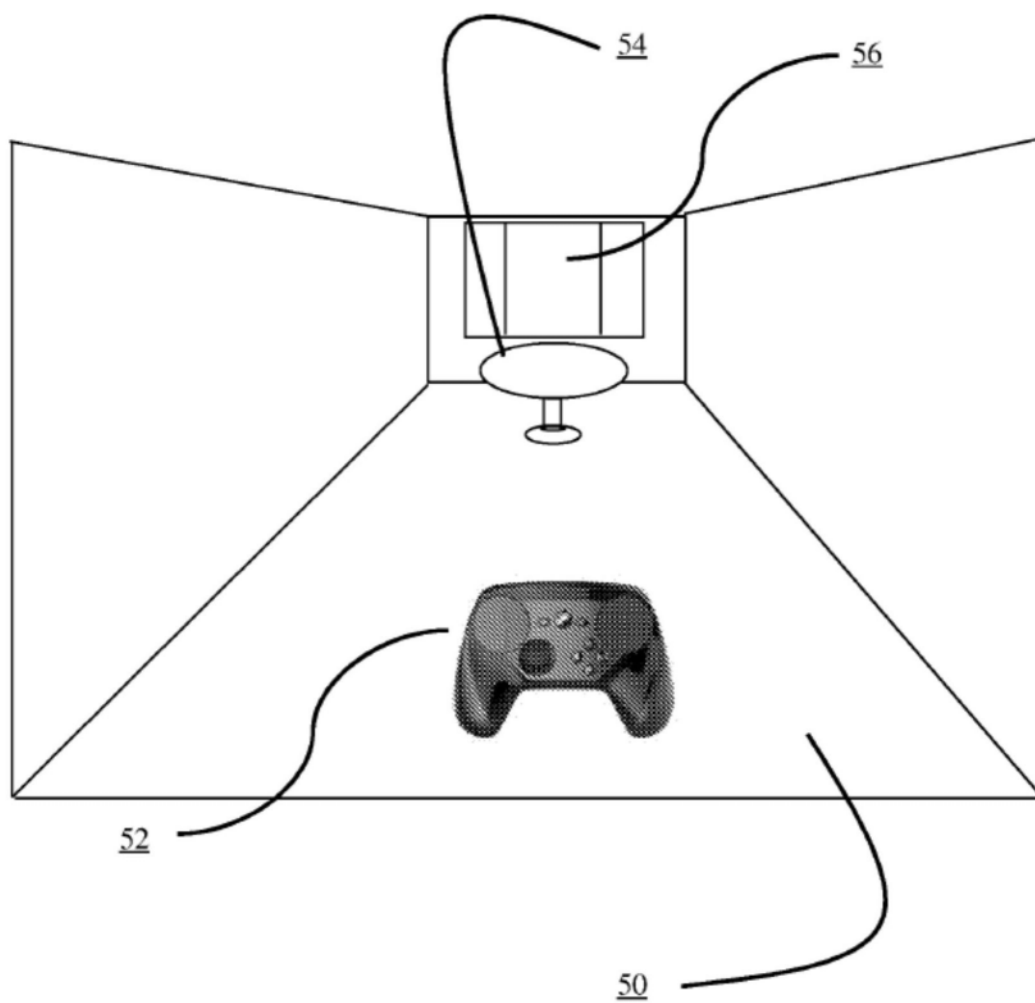


图2

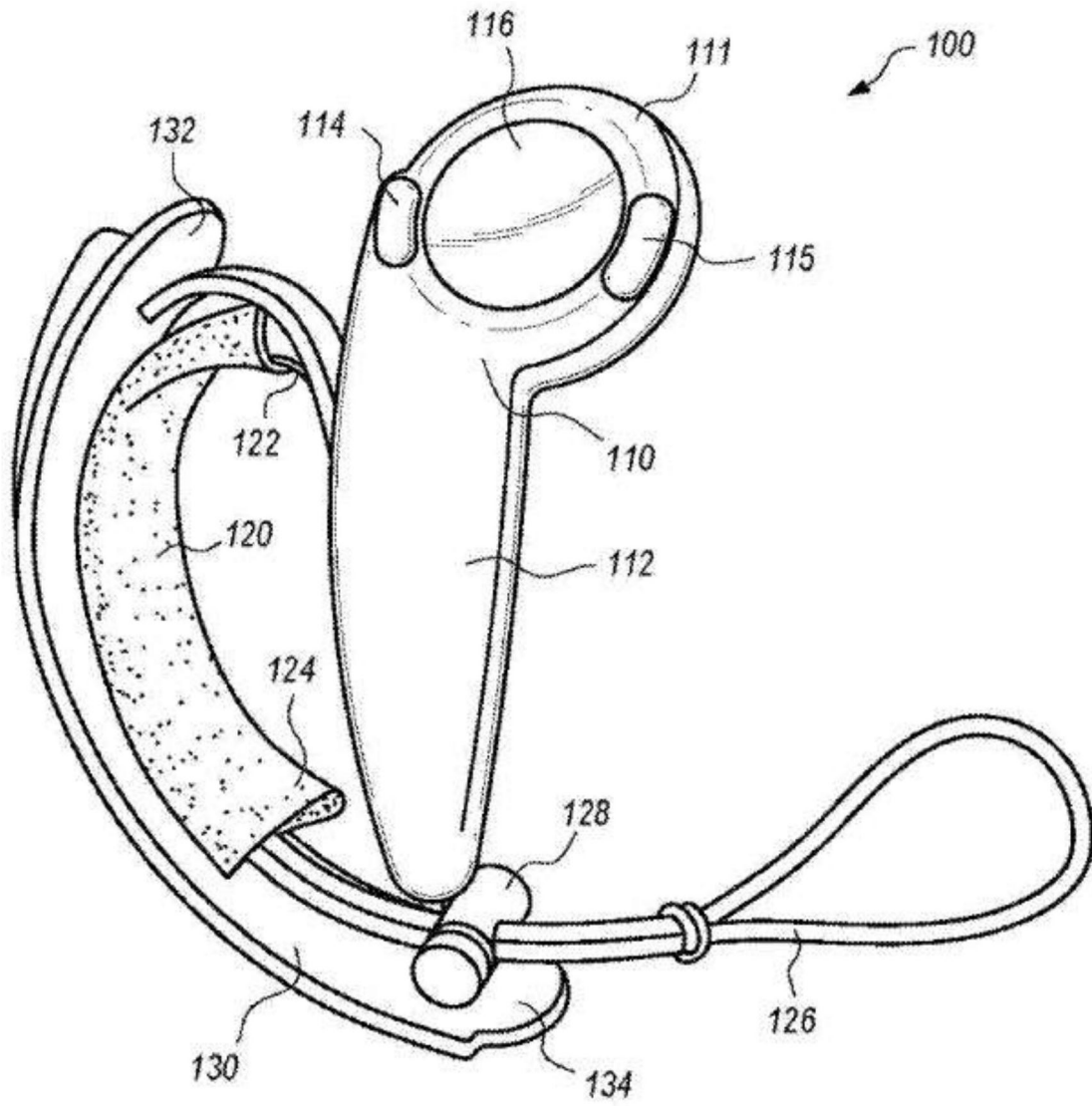


图3

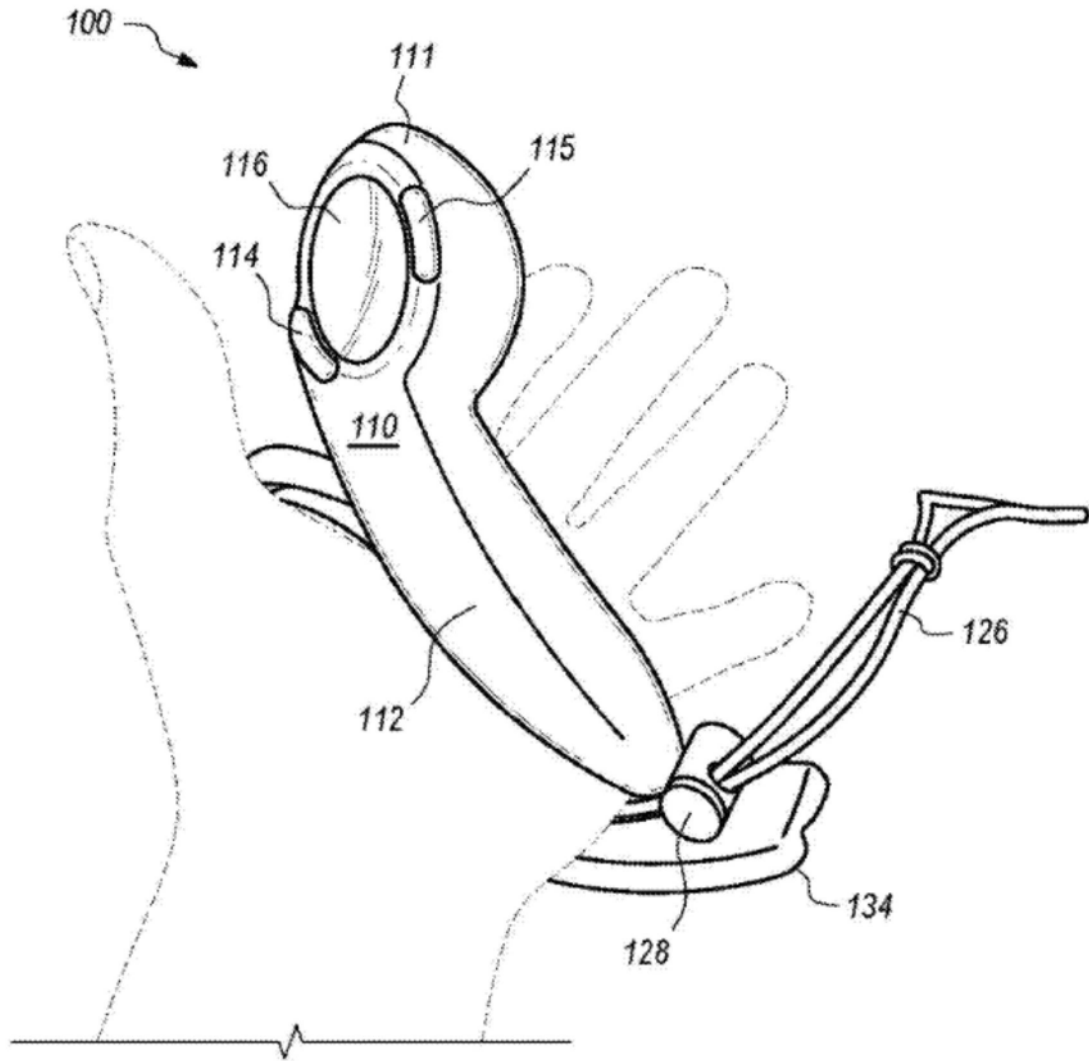


图4

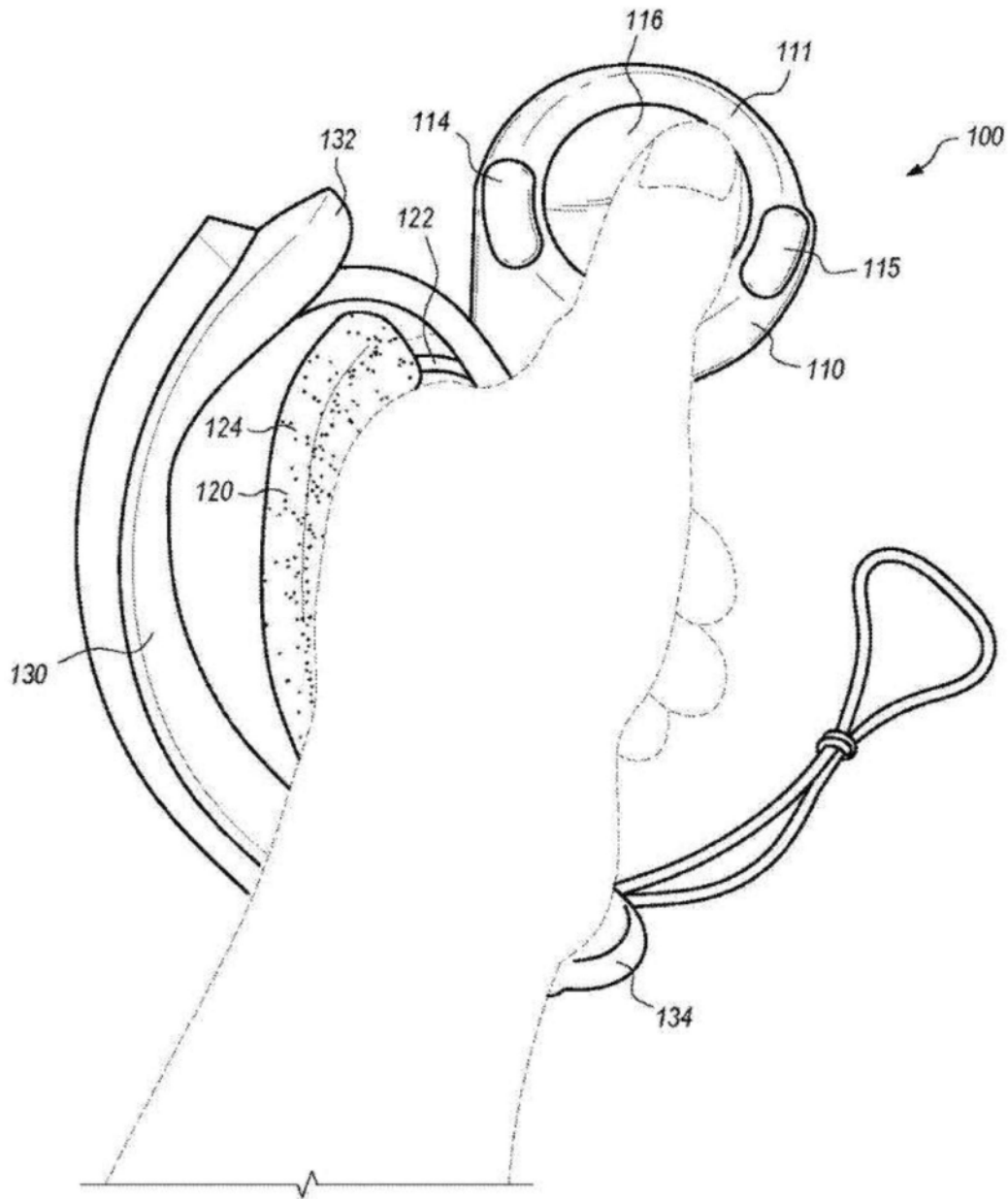


图5

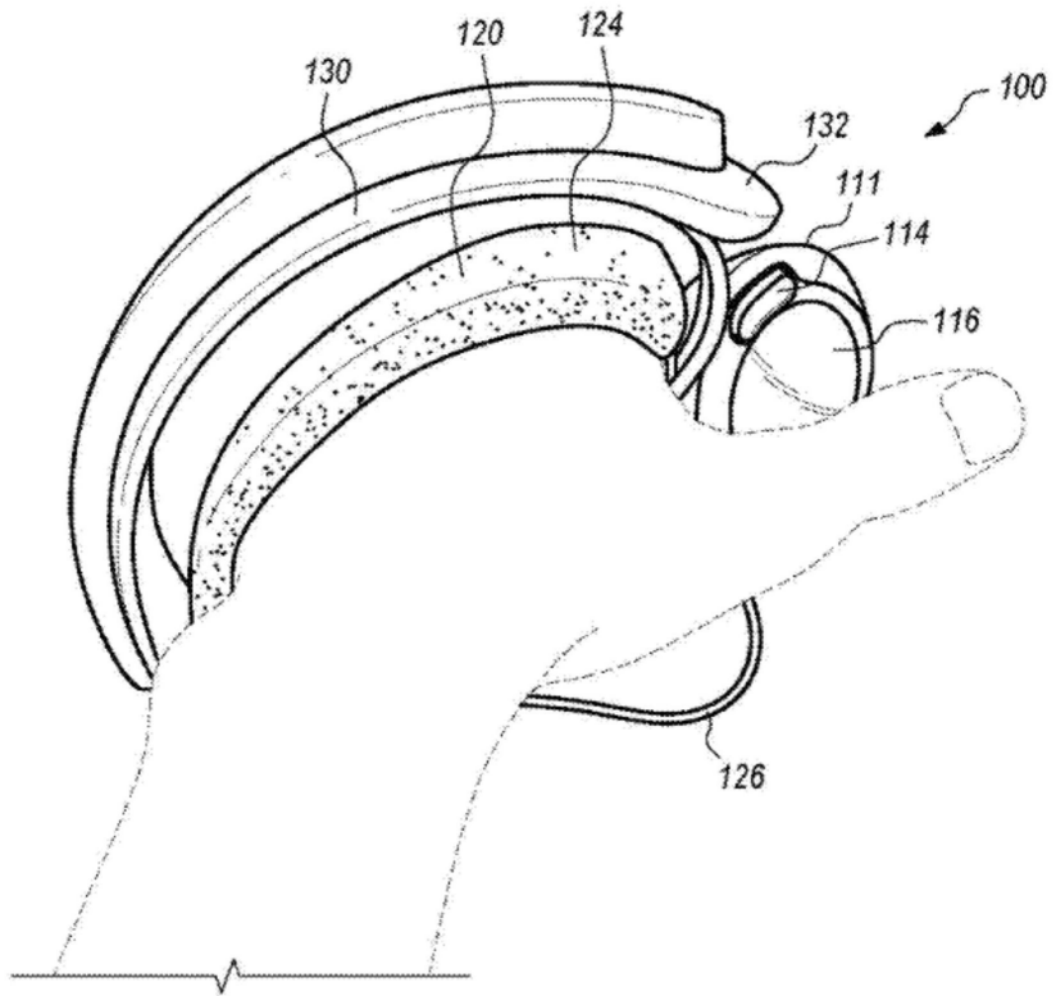


图6

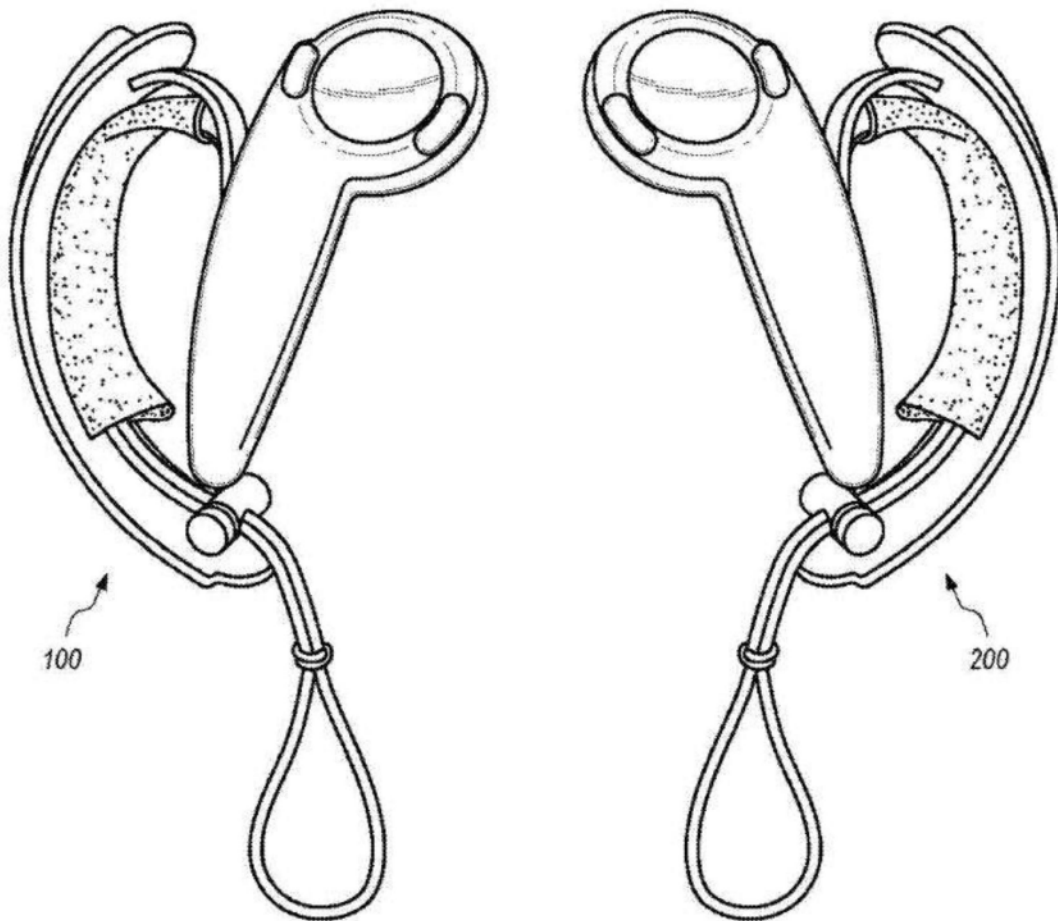


图7



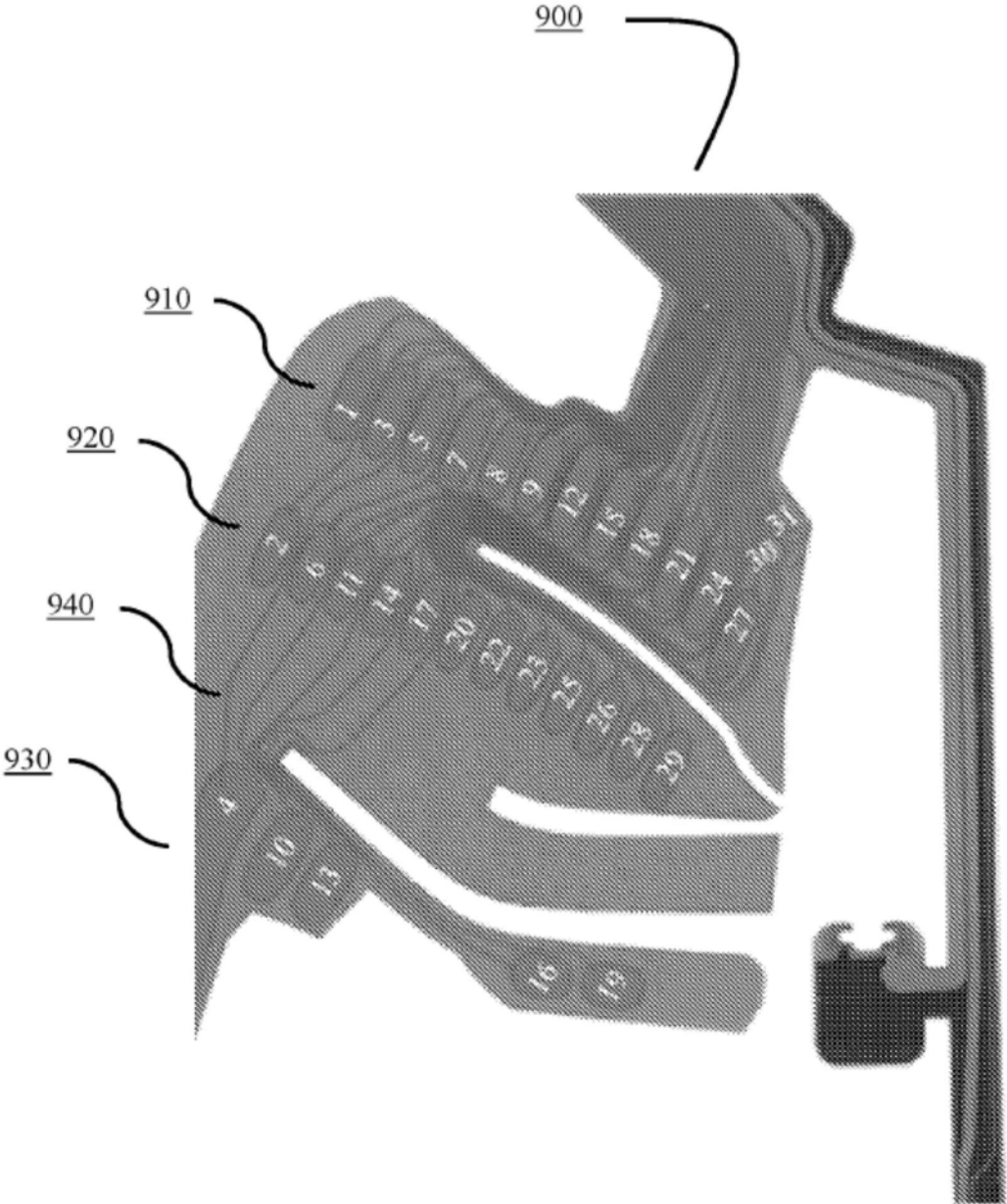


图9



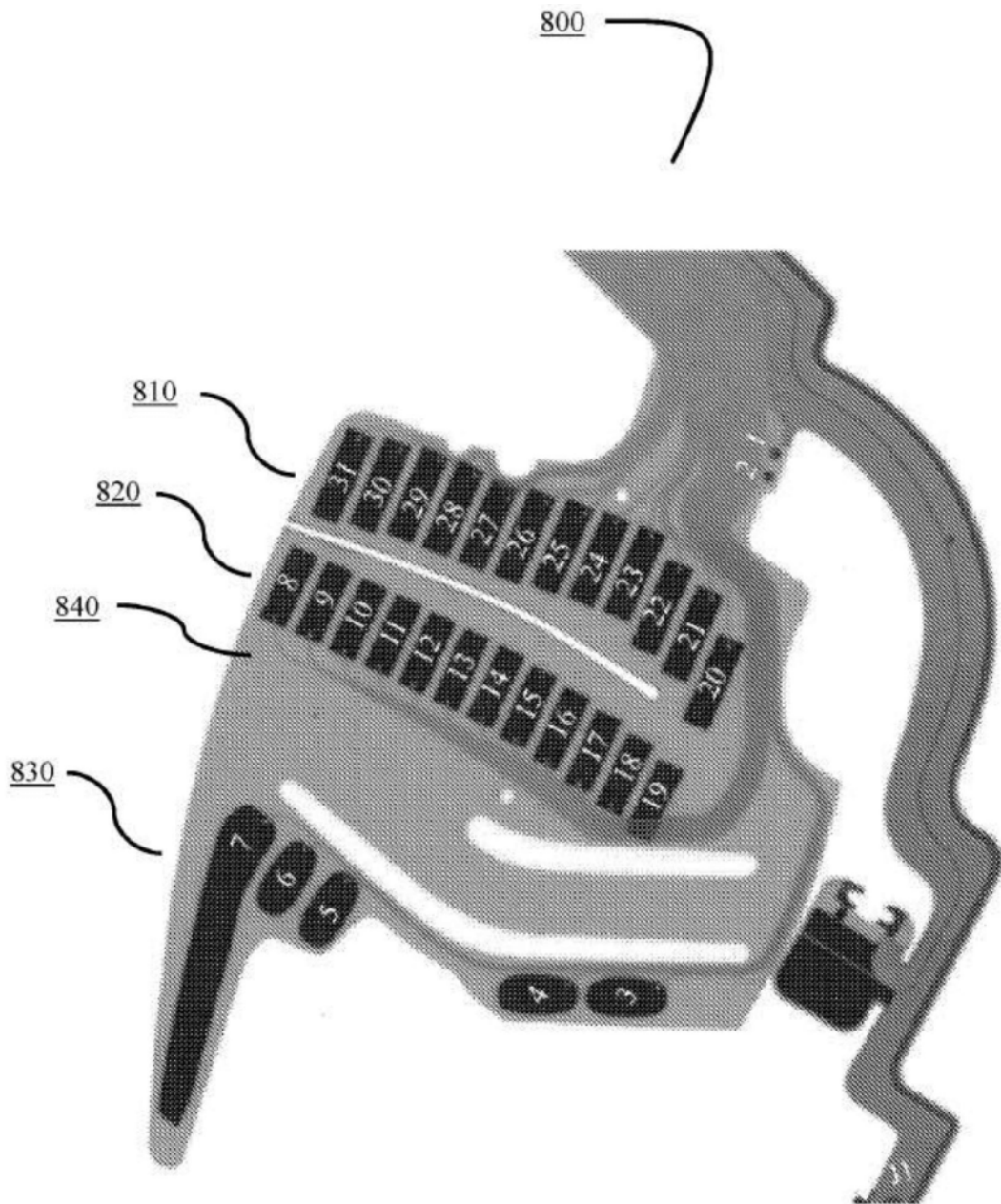


图10

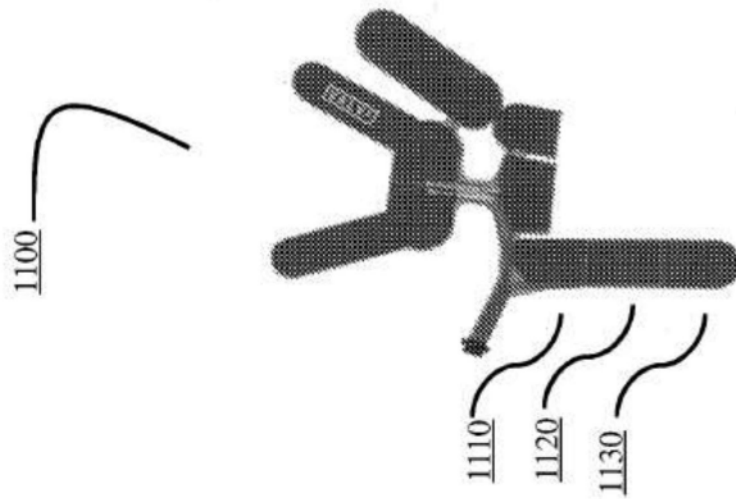


图11A

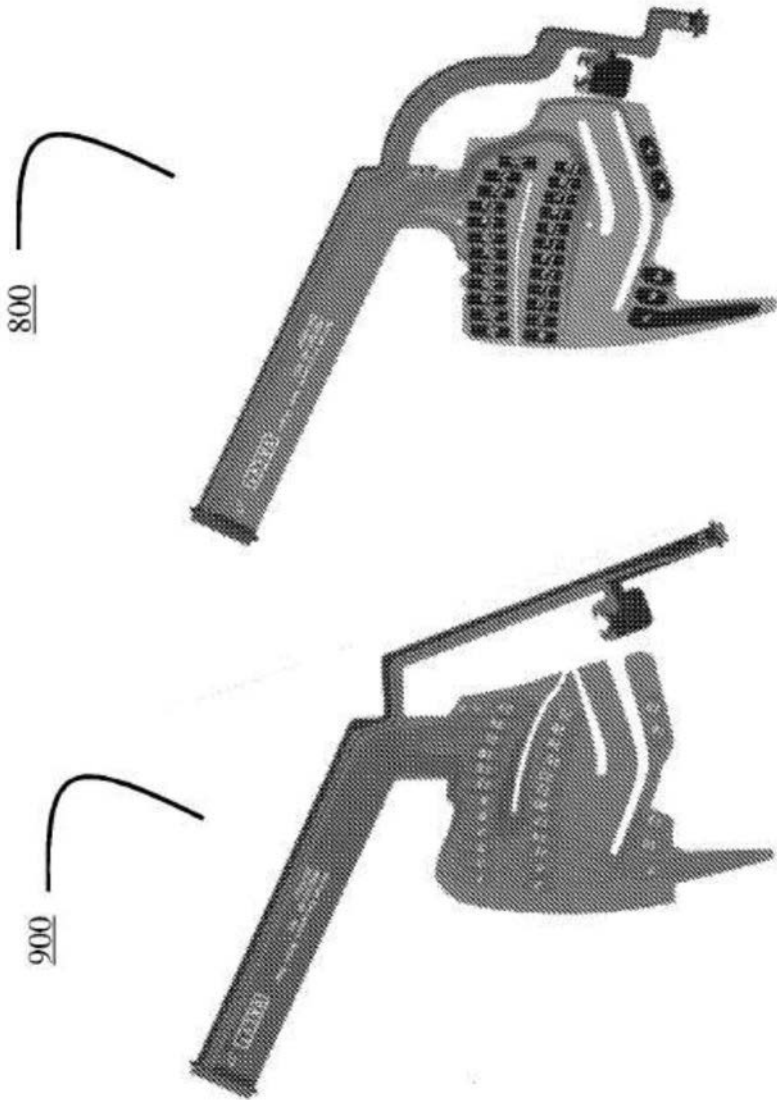


图 11C

图 11B

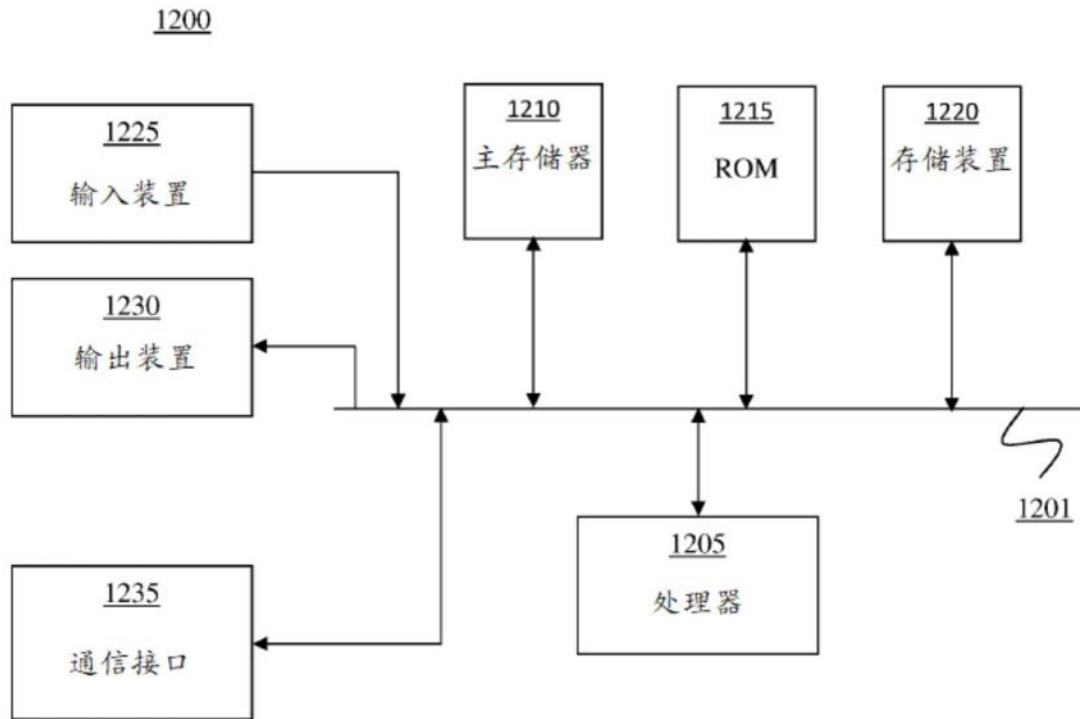


图12

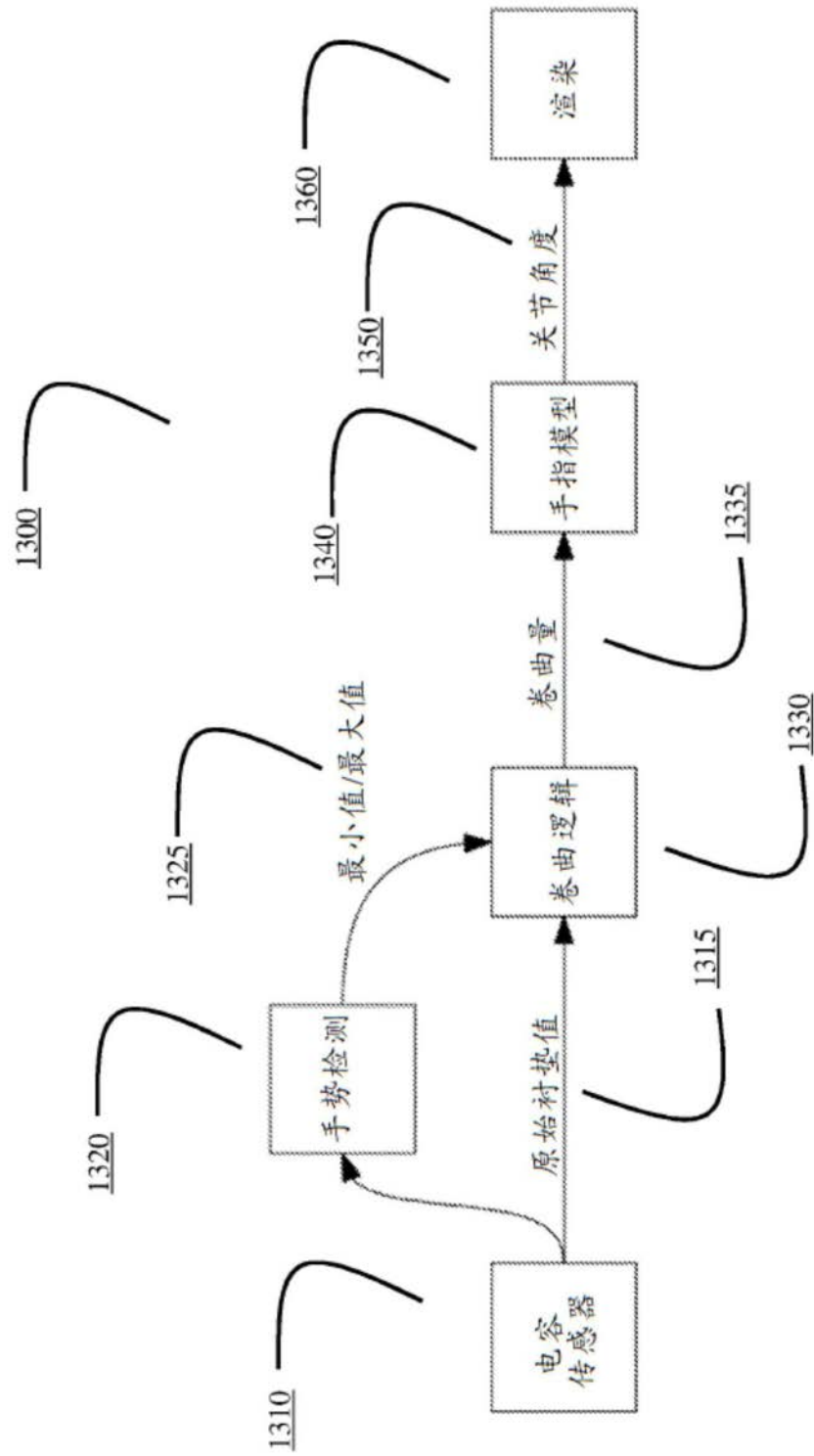


图13

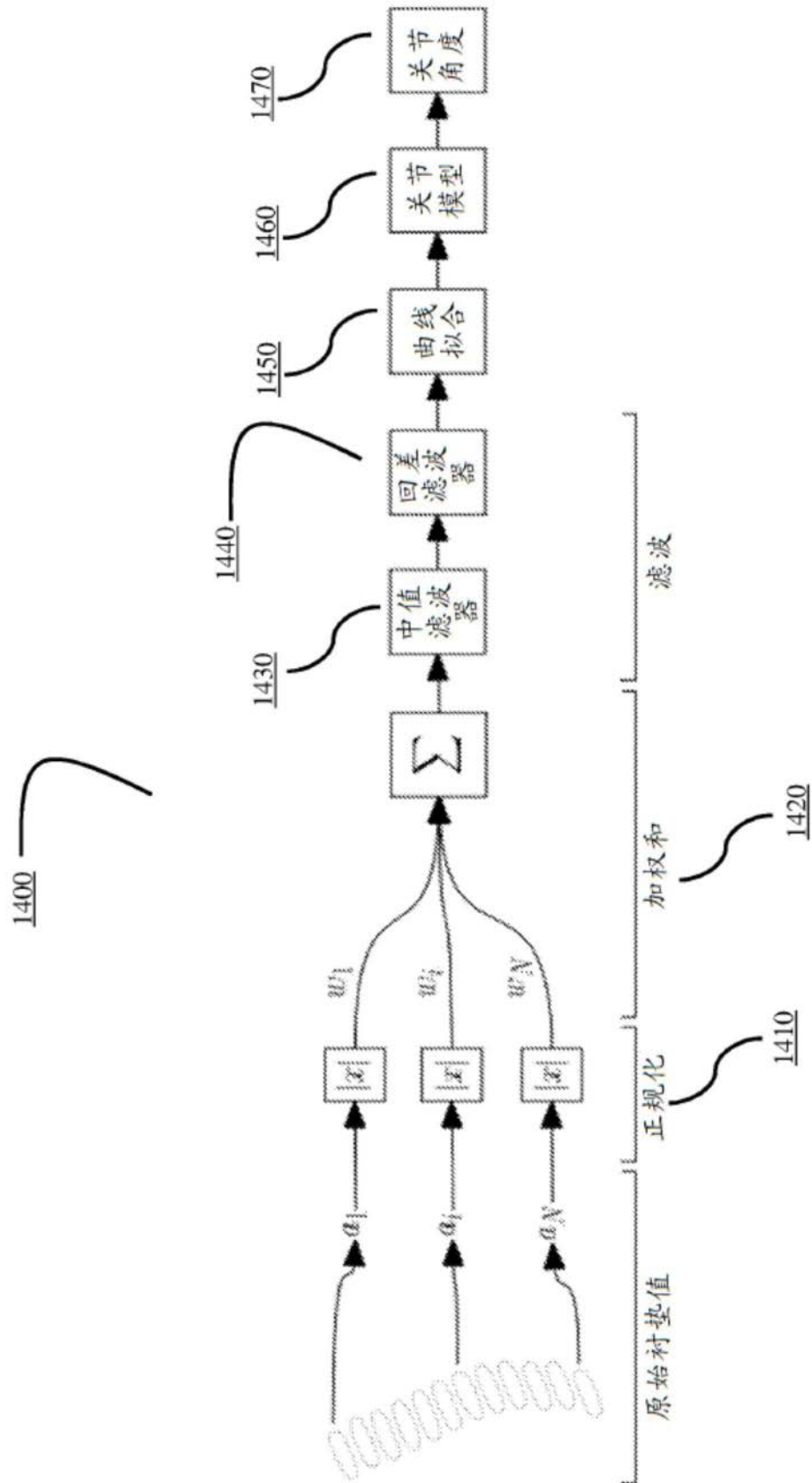


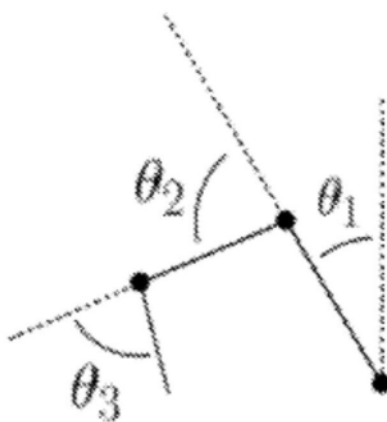
图14

$$\theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = 0$$



$$C = 0$$

图15A



$$C = 1$$

图15B

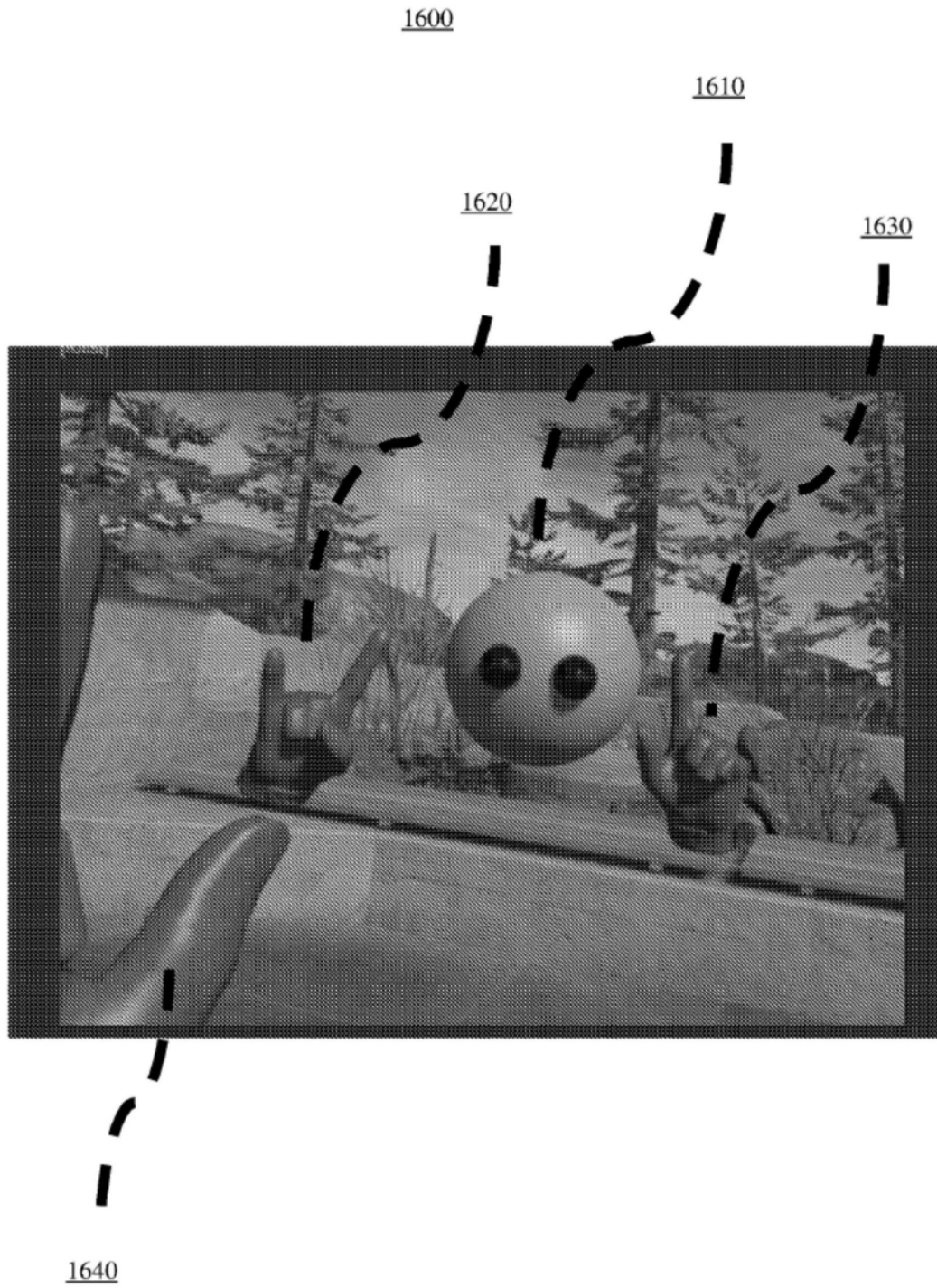


图16



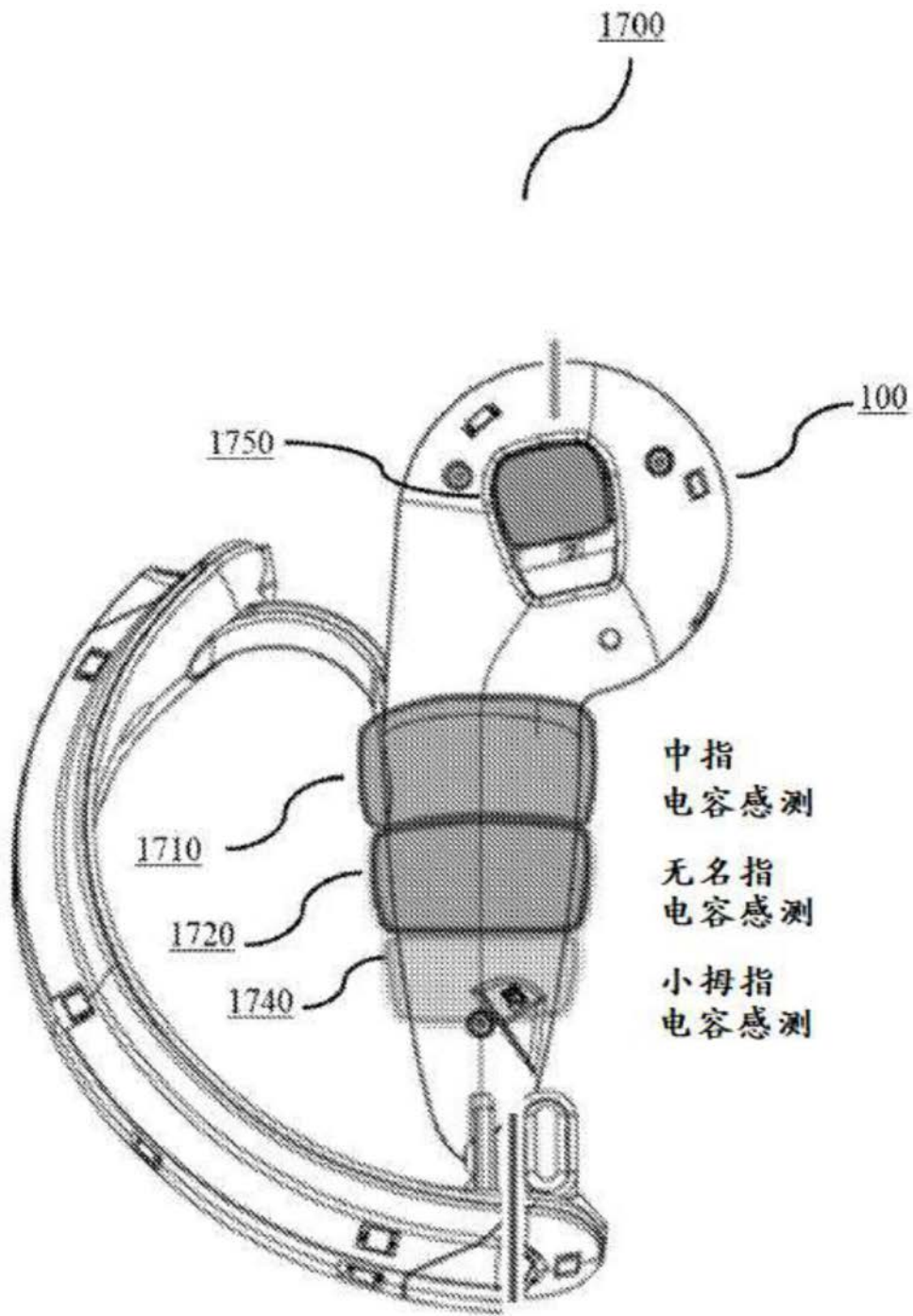


图17

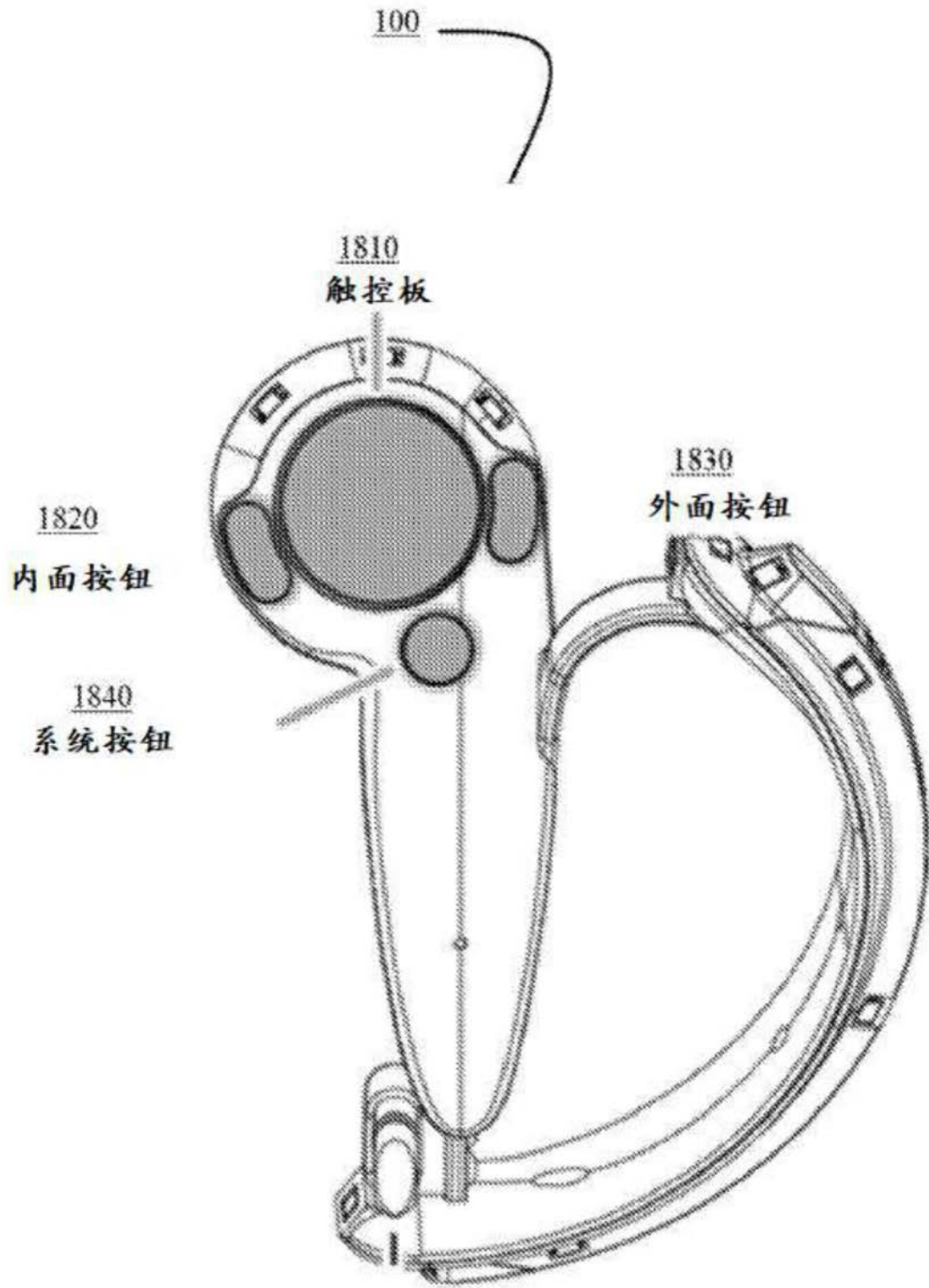


图18