

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2023 年 6 月 22 日 (22.06.2023)



(10) 国际公布号
WO 2023/109276 A1

(51) 国际专利分类号:
A61F 2/10 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2022/124575

(22) 国际申请日: 2022 年 10 月 11 日 (11.10.2022)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202111551931.7 2021 年 12 月 17 日 (17.12.2021) CN

(71) 申请人: 腾讯科技(深圳)有限公司 (TENCENT TECHNOLOGY (SHENZHEN) COMPANY LIMITED) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区高新区科技中一路腾讯大厦 35 层, Guangdong 518057 (CN)。

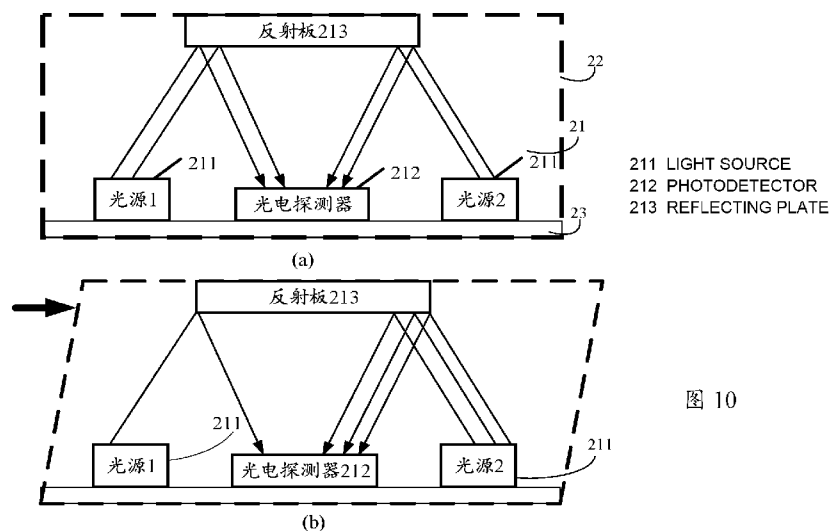
(72) 发明人: 李望维 (LEE, Wangwei); 中国广东省深圳市南山区高新区科技中一路腾讯大厦 35 层, Guangdong 518057 (CN)。

(74) 代理人: 深圳市深佳知识产权代理事务所(普通合伙) (SHENPAT INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY); 中国广东省深圳市罗湖区南湖街道春风路庐山大厦 B 座 18C2、18D、18E、18E2, Guangdong 518001 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE,

(54) Title: TACTILE SENSOR, TOUCH EVENT DETECTION METHOD, SENSING DEVICE, AND ROBOT

(54) 发明名称: 触觉传感器、触碰事件的检测方法、感知设备及机器人



(57) Abstract: A tactile sensor (101, 102, 103, 104, 105, 2520), a touch event detection method, a sensing device (2500), and a robot (10), which relate to the field of sensor design. The tactile sensor (101, 102, 103, 104, 105, 2520) comprises a sensing unit (21), an elastic body supporting housing (22) and a base (23), wherein the sensing unit (21) is arranged in an inner cavity enclosed by the elastic body supporting housing (22) and the base (23); and the sensing unit (21) comprises at least two light sources (211), a photodetector (212) and a reflector (213), the photodetector (212) being arranged on the base (23), the at least two light sources (211) being arranged around the photodetector (212) on the base (23), and the reflector (213) being arranged at the top of the inner cavity of the elastic body supporting housing (22). By means of combining a plurality of light sources (211) and one photodetector (212), the number of photodetectors (212) used is reduced, so that the volume of the tactile sensor (101, 102, 103, 104, 105, 2520) is reduced.



PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE,
SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL,
PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG,
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD,
TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种触觉传感器(101, 102, 103, 104, 105, 2520)、触碰事件的检测方法、感知设备(2500)及机器人(10), 属于传感器设计领域。触觉传感器(101, 102, 103, 104, 105, 2520)包括: 传感单元(21)、弹性体支撑外壳(22)和底座(23); 传感单元(21)设置于弹性体支撑外壳(22)和底座(23)围合而成的内腔中; 传感单元(21)包括至少两个光源(211)、一个光电探测器(212)和反射器(213), 光电探测器(212)设置于底座(23)上, 至少两个光源(211)在底座(23)上环绕设置在光电探测器(212)的周围, 反射器(213)设置于弹性体支撑外壳(22)的内腔顶部。通过采用多个光源(211)和一个光电探测器(212)的组合方式, 减少了光电探测器(212)的使用数量, 使得触觉传感器(101, 102, 103, 104, 105, 2520)体积减小。

触觉传感器、触碰事件的检测方法、感知设备及机器人

本申请要求于2021年12月17日提交中国专利局、申请号202111551931.7、申请名称为“触觉传感器、触碰事件的检测方法、感知设备及机器人”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

5 技术领域

本申请实施例涉及传感器设计领域，特别涉及一种触觉传感器、触碰事件的检测方法、感知设备及机器人。

背景技术

10 随着机器人技术的发展和广泛的应用，机器人不但需要完成设定的机械运动，还需要感知和外界环境之间的接触力。因此，通常将触觉传感器与机器人相结合。

相关技术中，基于光学的位移传感器通过每套设置多个光电探测器（Photo Detector，PD）和单个光源来检测光的强度分布，从而推导出位移传感器的传感表面的位移，进而计算出位移传感器所承受的力的大小和方向。

15 但是，相关技术的基于光学的位移传感器设置多个PD，PD本身体积较大且每个PD都对应有专用的放大电路，使得基于光学的位移传感器占用较大的空间并且成本更高。

发明内容

本申请提供了一种触觉传感器、触碰事件的检测方法、感知设备及机器人，该触觉传感器体积较小、容易构建且可以降低成本。所述技术方案如下：

20 根据本申请的一方面，提供了一种触觉传感器，所述触觉传感器包括：传感单元、弹性体支撑外壳和底座；

所述传感单元设置于所述弹性体支撑外壳和所述底座围合而成的内腔中；

所述传感单元包括至少两个光源、一个光电探测器和反射器，所述光电探测器设置于所述底座上，所述至少两个光源在所述底座上环绕设置在所述光电探测器的周围，所述反射器设置于所述弹性体支撑外壳的内腔顶部。

25 根据本申请的另一方面，提供了一种触碰事件的检测方法，所述方法由计算机设备执行，所述检测方法包括：

获取所述触觉传感器中所述光电探测器测得的光照强度；

根据所述光照强度，测量所述触觉传感器承受的力的大小和方向中的至少一种。

根据本申请的另一方面，提供了一种电子皮肤，所述电子皮肤包括：

30 所述电子皮肤的表面覆盖有触觉传感器阵列，所述触觉传感器阵列包括至少两个上述的触觉传感器。

根据本申请的另一方面，提供了一种机器人，所述机器人包括：

所述机器人表面预设位置处覆盖有上述的触觉传感器，或，如上述的电子皮肤。

根据本申请的另一方面，提供了一种感知设备，所述感知设备包括：

35 控制器和触觉传感器，所述触觉传感器包括至少一个上述的触觉传感器，所述控制器连接所述触觉传感器并执行以实现如上述的触碰事件的检测方法。

—2—

根据本申请的另一方，提供了一种计算机可读存储介质，所述存储介质中存储有至少一条指令，所述至少一条指令由处理器加载并执行以实现如上方面所述的触碰事件的检测方法。

根据本申请的另一方，提供了一种计算机程序产品，包括计算机程序/指令，所述计算机程序/指令被处理器执行时实现如上方面所述的触碰事件的检测方法。

本申请提供的技术方案带来的有益效果至少包括：

通过将光电探测器设置于底座上，将至少两个光源环绕设置于底座上光电探测器的周围，且将反射器设置于弹性体支撑外壳的内腔顶部。本申请中的触觉传感器采用一个光电探测器和多个光源的组合方式，通过减少光电探测器的使用数量，使得触觉传感器体积减小且成本更低，同时，光电探测器数量的减少，则光电探测器专用的读取电路相应减少，使得触觉传感器更加的简单且测量速度更快。

附图说明

为了更清楚地说明本申请实施例中的技术方案，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图1是本申请一个示例性实施例提供的触觉传感系统的结构示意图；

图2是本申请一个示例性实施例提供的触觉传感器的结构示意图；

图3是本申请一个示例性实施例提供的触觉传感器测量光照强度示意图；

图4是本申请一个示例性实施例提供的触觉传感器在承受沿X轴正方向作用力时光电探测器测量反射光的光照强度的示意图；

图5是本申请一个示例性实施例提供的触觉传感器在承受沿Y轴正方向作用力时光电探测器测量反射光的光照强度的示意图；

图6是本申请一个示例性实施例提供的触觉传感器在承受沿Z轴正方向作用力时光电探测器测量反射光的光照强度的示意图；

图7是本申请一个示例性实施例提供的触觉传感器在承受绕X轴旋转的作用力时光电探测器测量反射光的光照强度的示意图；

图8是本申请一个示例性实施例提供的触觉传感器在承受绕Y轴旋转的作用力时光电探测器测量反射光的光照强度的示意图；

图9是本申请一个示例性实施例提供的触觉传感器在承受绕Z轴旋转的作用力时光电探测器测量反射光的光照强度的示意图；

图10是本申请一个示例性实施例提供的触觉传感器的结构示意图；

图11是本申请一个示例性实施例提供的触觉传感器的结构示意图；

图12是本申请一个示例性实施例提供的触觉传感器的结构示意图；

图13是本申请一个示例性实施例提供的触觉传感器在承受沿X轴正方向作用力时光电探测器测量反射光的光照强度的示意图；

图14是本申请一个示例性实施例提供的触觉传感器在承受沿Y轴正方向作用力时光电探测器测量反射光的光照强度的示意图；

图 15 是本申请一个示例性实施例提供的触觉传感器在承受沿 Z 轴正方向作用力时光电探测器测量反射光的光照强度的示意图；

图 16 是本申请一个示例性实施例提供的触觉传感器在承受绕 X 轴旋转的作用力时光电探测器测量反射光的光照强度的示意图；

5 图 17 是本申请一个示例性实施例提供的触觉传感器在承受绕 Y 轴旋转的作用力时光电探测器测量反射光的光照强度的示意图；

图 18 是本申请一个示例性实施例提供的触觉传感器在承受绕 Z 轴旋转的作用力时光电探测器测量反射光的光照强度的示意图；

图 19 是本申请一个示例性实施例提供的触觉传感器的制备方法的流程图；

10 图 20 是本申请一个示例性实施例提供的触碰事件的检测方法的流程图；

图 21 是本申请一个示例性实施例提供的一种触碰事件中力的检测方法的流程图；

图 22 是本申请一个示例性实施例提供的另一种触碰事件中力的检测方法的流程图；

图 23 是本申请一个示例性实施例提供的再一种触碰事件中力的检测方法的流程图；

图 24 是本申请一个示例性实施例提供的电子皮肤的示意图；

15 图 25 是本申请一个示例性实施例提供的感知设备的结构示意图；

图 26 是本申请一个示例性实施例提供的计算机设备的结构示意图。

具体实施方式

为使本申请的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图对本申请实施方式作进一步地详细描述。

20 图 1 示出了本申请一个示例性实施例提供的触觉传感系统的结构示意图，该触觉传感系统 100 包括智能机器人 10、触觉传感器 101、触觉传感器 102、触觉传感器 103 和触觉传感器 104，多个触觉传感器贴附在智能机器人 10 上，如图 1 的 (a) 所示，本申请实施例提供的触觉传感器是柔性的，可贴附在智能机器人 10 外表面上，形成“电子皮肤”，被贴附的智能机器人 10 外表面可以是任意形状的，如球体、半球体、圆柱体、不规则形状等等，
25 示意性的，如图 1 的 (a) 所示，触觉传感器 101 贴附在智能机器人 10 的头部、触觉传感器 102 贴附在智能机器人的胸部、触觉传感器 103 贴附在智能机器人的腹部、触觉传感器 104 贴附在智能机器人的手臂。

触觉传感器还可贴附在智能机器人的机械手 11 上，如图 1 的 (b) 所示，触觉传感器 105 贴附在机械手 11 的手指上，通过机械手 11 与目标物体接触，可提供力矩反馈，从而确定抓取该目标物体的手势以及抓取该目标物体需要多大的力。如机械手 11 抓取的物体 106 是球体，机械手 11 使用如图 1 的 (b) 所示的手势抓取物体 106。在一种可能的实现方式中，触觉传感器 105 可贴附与手指的指尖部位、指节部位、手掌部位或整个手部，本申请对此不作限定。

35 图 2 示出了本申请一个示例性实施例提供的触觉传感器的剖面结构示意图。该触觉传感器包括：传感单元 21、弹性体支撑外壳 22 和底座 23。

传感单元 21 设置于弹性体支撑外壳 22 和底座 23 围合而成的内腔中。

传感单元 21 包括至少两个光源 211、一个光电探测器 212 和反射器 213，光电探测器 212 设置于底座 23 上，至少两个光源 211 在底座 23 上环绕设置在光电探测器 212 的周围，

反射器 21 设置于弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部。图 2 以至少两个光源 211 包括光源 1 和光源 2 为例。

在一种可能的实现方式中，反射器 213 可以是反射板、反射块、反射贴膜中的至少一种，但不限于此，本申请实施例对此不作限定。

5 在一种可能的实现方式中，传感单元 21 包括八个光源 211。光电探测器 212 设置于底座 23 上，八个光源 211 在底座 23 上对称环绕设置在光电探测器 212 的周围。

图 3 示出了本申请一个示例性实施例提供的触觉传感器测量光照强度的示意图。图 3 中圆圈用以表示八个光源 211 的光照范围，方框用以表示弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213。八个光源 211 分别为光源 a、光源 b、光源 c、光源 d、光源 e、光源 f、光源 g、光源 h，八个光源 211 在底座 23 上环绕设置在光电探测器 212 的周围。光源 a 和光源 b 设置于 y 轴的正半轴两侧，光源 c 和光源 d 设置于 x 轴的正半轴两侧，光源 e 和光源 f 设置于 y 轴的负半轴两侧，光源 g 和光源 h 设置于 x 轴的负半轴两侧。其中，光源 a 为第一正 y 轴光源，光源 b 为第二正 y 轴光源；光源 c 为第一正 x 轴光源，光源 d 为第二正 x 轴光源；光源 e 为第一负 y 轴光源，光源 f 为第二负 y 轴光源；光源 g 为第一负 x 轴光源，光源 h 为第二负 x 轴光源。

示例性地，在弹性体支撑外壳 22 上施加作用力时，弹性体支撑外壳 22 的上表面发生偏移，从而带动弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 发生偏移，进一步导致光电探测器 212 接收到的反射光的光照强度发生变化。依次控制光源 211 的通断，光电探测器 212 测量每个光源 211 的反射光的光照强度，通过计算每个光源 211 的反射光的光照强度变化，计算出弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 的位移，进而得出该触觉传感器所承受力的大小和方向。

在触觉传感器承受平移方向上的作用力时，例如，在触觉传感器承受沿 X 轴平移方向上的作用力时，弹性体支撑外壳 22 的上表面发生偏移，从而带动弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 沿 X 轴方向发生偏移，进一步导致光电探测器 212 接收到的反射光的光照强度发生变化。依次控制光源 c 和光源 h 的通断，光电探测器 212 测量光源 c 和光源 h 的反射光的光照强度，通过计算每个光源 c 和光源 h 的反射光的光照强度的变化值，计算出弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 沿 X 轴方向的位移，进而得出该触觉传感器所承受力的大小和方向。

在触觉传感器承受旋转方向上的作用力时，例如，在触觉传感器承受绕 X 轴旋转方向上的作用力时，弹性体支撑外壳 22 的上表面发生旋转，从而带动弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 绕 X 轴方向发生旋转，进一步导致光电探测器 212 接收到的反射光的光照强度发生变化。依次控制光源 g 和光源 h 的通断，光电探测器 212 测量光源 g 和光源 h 的反射光的光照强度，通过计算每个光源 g 和光源 h 的反射光的光照强度的变化值，计算出弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 绕 X 轴旋转方向的位移或角度，进而得出该触觉传感器所承受力的大小和方向。

综上所述，本实施例提供的触觉传感器通过采用多个光源和一个光电探测器的组合方式，通过减少光电探测器的使用数量，使得触觉传感器体积减小，同时，光电探测器数量

—5—

的减少，则光电探测器专用的读取电路相应减少，使得触觉传感器更加的简单且测量速度更快。

在触觉传感器承受平移方向上的作用力时，触觉传感器测量平移方向上正、负半轴对应光源的反射光的光照强度，通过计算平移方向上正、负半轴对应光源的反射光的光照强度的变化值，实现触觉传感器所承受平移方向作用力的大小和方向的感测。

在触觉传感器承受旋转方向上的作用力时，触觉传感器测量旋转轴两侧光源的反射光的光照强度，通过计算旋转轴两侧光源的反射光的光照强度的变化值，实现触觉传感器所承受旋转方向作用力的大小和方向的感测。

本实施例提供的触觉传感器通过多个光源和一个光电探测器测量各个光源的反射光的光照强度，实现了对平移方向、旋转方向等六自由度上的力的大小和方向的感测。

基于图 2 中的可选实施例，下面对触觉传感器测量平移方向和旋转方向上的力进行详细说明。

示例性地，图 4 示出了触觉传感器在承受沿 X 轴平移方向作用力时光电探测器测量反射光的光照强度的示意图。

在该触觉传感器承受沿 X 轴平移方向的作用力的情况下，弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 沿着 X 轴方向发生位移，导致光电探测器 212 所测得的光源 c 和光源 d 的反射光的综合光照强度增加，而光电探测器 212 所测得的光源 h 和光源 g 的反射光的综合光照强度减小。

示例性地，在该触觉传感器承受沿 X 轴的作用力的情况下，接通正 x 轴光源，在正 x 轴光源处于接通状态下，获取光电探测器测量得到的正 x 轴光源的光照强度；接通负 x 轴光源，在负 x 轴光源处于接通状态下，获取光电探测器测量得到的负 x 轴光源的光照强度；其中，第一差值是指光电探测器 212 测量正 x 轴光源得到的光照强度与光电探测器 212 测量负 x 轴光源得到的光照强度之间的差值。第一映射关系可以是指触觉传感器在平移方向承受的力的大小和方向，与光电探测器测量的光照强度变化值之间的对应关系。

例如，在该触觉传感器承受沿 X 轴的作用力的情况下，首先打开光源 c 和光源 d，利用光电探测器 212 测量光源 c 和光源 d 的反射光的综合光照强度 ($\lambda_c + \lambda_d$)；接着，关闭光源 c 和光源 d，打开光源 h 和光源 g，利用光电探测器 212 测量光源 h 和光源 g 的反射光的综合光照强度 ($\lambda_h + \lambda_g$)；通过对比 ($\lambda_c + \lambda_d$) 与 ($\lambda_h + \lambda_g$) 之间的光照强度差，从而得出弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 沿 X 轴产生的位移，进而得出在弹性体支撑外壳 22 所施加作用力的大小和方向。例如，在该触觉传感器承受沿 X 轴的作用力的情况下，计算触觉传感器反射器 213 沿 X 轴产生的位移 $trans_x$ 与光电探测器 212 测量的光照强度的对应关系可表示为：

$$trans_x \propto \frac{(\lambda_c + \lambda_d) - (\lambda_h + \lambda_g)}{\lambda_c + \lambda_d + \lambda_h + \lambda_g}$$

式中， λ_c 用以表示光电探测器测得的光源 c 的反射光的光照强度； λ_d 用以表示光电探测器测得的光源 d 的反射光的光照强度； λ_h 用以表示光电探测器测得的光源 h 的反射光的光照强度； λ_g 用以表示光电探测器测得的光源 g 的反射光的光照强度。

—6—

可以理解的是，在测量 X 轴上力的大小和方向时，可以选择光源 c、光源 d 的反射光的综合光照强度，与光源 h、光源 g 的反射光的综合光照强度来进行测量，在一种可能的实现方式中，综合光照强度是光源 c、光源 d 的反射光的平均光照强度、光源 c、光源 d 的反射光的光照强度总和、光源 c、光源 d 的反射光的光照强度的加权值中的至少一种，本申请

5

实施例对此不作限定。或，在测量 X 轴上力的大小和方向时，可以选择 X 轴上的两个光源进行测量，比如，光源 c 和光源 h，或，光源 d 和光源 g，或，光源 c 和光源 g，但不限于此，本申请实施例对此不作限定。

即，在测量光源 c 和光源 h 的情况下，触觉传感器的反射器 213 沿 X 轴产生的位移 $trans_x$ 与光电探测器 212 测量的光照强度的对应关系可表示为：

10

$$trans_x \propto \frac{\lambda_c - \lambda_h}{\lambda_c + \lambda_h}$$

在测量光源 d 和光源 g 的情况下，触觉传感器的反射器 213 沿 X 轴产生的位移 $trans_x$ 与光电探测器 212 测量的光照强度的对应关系可表示为：

$$trans_x \propto \frac{\lambda_d - \lambda_g}{\lambda_d + \lambda_g}$$

在测量光源 c 和光源 g 的情况下，触觉传感器的反射器 213 沿 X 轴产生的位移 $trans_x$ 与光电探测器 212 测量的光照强度的对应关系可表示为：

15

$$trans_x \propto \frac{\lambda_c - \lambda_g}{\lambda_c + \lambda_g}$$

示例性地，表 1 示出了触觉传感器在平移方向上承受的力的大小和方向，与光电探测器测量的光照强度变化值之间的对应关系，即第一映射关系对照表。

表 1 第一映射关系对照表

测试光源位置	测得的光照强度/Lux	平移位移/mm	力的大小/N	力的方向	合力大小/N	合力方向
光源 c	X1	Y1	3	X 轴正向	5	与 X 轴正方向呈 45°
光源 h	X2					
光源 e	X3	Y2	4	Y 轴正向		
光源 b	X4					
光源 a	默认值	0	0			
光源 d	默认值	0	0			
光源 f	默认值	0	0			
光源 g	默认值	0	0			

如表 1 所示, 在触觉传感器承受平移方向的力的情况下, 分别测量特定位置的光源的反射光的光照强度, 或, 测量全部光源的反射光的光照强度, 例如, 在触觉传感器承受平移方向的作用力的情况下, 测量全部光源的反射光的光照强度, 测量后得出, 光源 c、光源 h、光源 e、光源 b 对应的光照强度分别为 X1、X2、X3、X4, 通过触觉传感器的反射器 213 沿 X 轴产生的位移 $trans_x$ 与光电探测器 212 测量的光照强度的对应关系, 可得到, 弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 沿 X 轴产生的平移位移为 Y1, 弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 沿 X 轴产生的平移位移为 Y2; 进而得出在弹性体支撑外壳 22 所施加作用力沿 X 轴为 3N, 弹性体支撑外壳 22 所施加作用力沿 Y 轴为 5N, 最后得出: 触觉传感器在平移方向承受的力的大小为 5N, 方向为与 X 轴正方向呈 45° 的方向。

示例性地, 图 5 示出了触觉传感器在承受沿 Y 轴正方向作用力时光电探测器测量反射光的光照强度的示意图。在该触觉传感器承受沿 Y 轴的作用力的情况下, 弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 沿着 Y 轴方向发生偏移, 导致光电探测器 212 所测得的光源 a 和光源 b 的反射光的综合光照强度增加, 而光电探测器 212 所测得的光源 f 和光源 e 的反射光的综合光照强度减小。

在该触觉传感器承受沿 Y 轴平移方向的作用力的情况下, 接通正 y 轴光源, 在正 y 轴光源处于接通状态下, 获取光电探测器 212 测量得到的正 y 轴光源的光照强度; 接通负 y 轴光源, 在负 y 轴光源处于接通状态下, 获取光电探测器 212 测量得到的负 y 轴光源的光照强度; 根据第二差值及第一映射关系得到触碰事件中触觉传感器沿 y 轴平移方向承受的力的大小和方向; 其中, 第二差值可以是指光电探测器 212 测量正 y 轴光源得到的光照强度与光电探测器 212 测量负 y 轴光源得到的光照强度之间的差值。

例如, 首先打开光源 a 和光源 b, 利用光电探测器 212 测量光源 a 和光源 b 的反射光的综合光照强度 ($\lambda_a + \lambda_b$); 接着, 关闭光源 a 和光源 b, 打开光源 e 和光源 f, 利用光电探测器 212 测量光源 e 和光源 f 的反射光的综合光照强度 ($\lambda_e + \lambda_f$); 通过对比 ($\lambda_a + \lambda_b$) 与 ($\lambda_e + \lambda_f$) 之间的光照强度差, 从而得出弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 沿 Y 轴产生的位移, 进而得出在弹性体支撑外壳 22 所施加作用力的大小。例如, 在触觉传感器承受沿 Y 轴平移方向的作用力的情况下, 计算触觉传感器的反射器沿 Y 轴产生的位移 $trans_y$ 与光电探测器 212 测量的光照强度的对应关系可表示为:

$$trans_y \propto \frac{(\lambda_a + \lambda_b) - (\lambda_e + \lambda_f)}{\lambda_a + \lambda_b + \lambda_e + \lambda_f}$$

式中, λ_a 用以表示光电探测器测得的光源 a 的反射光的光照强度; λ_b 用以表示光电探测器测得的光源 b 的反射光的光照强度; λ_e 用以表示光电探测器测得的光源 e 的反射光的光照强度; λ_f 用以表示光电探测器测得的光源 f 的反射光的光照强度。

可以理解的是, 在测量 Y 轴力的大小和方向时, 可以选择 Y 轴上两个光源进行测量, 比如, 光源 a 和光源 f, 或, 光源 a 和光源 e, 或, 光源 b 和光源 f, 或, 光源 b 和光源 e, 但不限于此, 本申请实施例对此不作限定。

图 6 示出了触觉传感器在承受沿 Z 轴正方向作用力时光电探测器 212 测量反射光的光照强度的示意图。在该触觉传感器承受沿 Z 轴的作用力的情况下, 弹性体支撑外壳 22 的内

腔顶部的反射器 213 沿着 Z 轴方向发生位移, 导致光电探测器 212 所测得的光源 a 至光源 h 的反射光的光照强度均减小。

在该触觉传感器承受沿 Z 轴平移方向的作用力的情况下, 获取光电探测器 212 在第 i 时刻测量第一目标光源得到的光照强度, 和光电探测器 212 在第 i+1 时刻测量第一目标光源得到的光照强度, 第一目标光源可以是指至少两个光源中的至少一个。根据第三差值及第一映射关系得到触碰事件中的触觉传感器承受的沿 z 轴平移方向的力的大小和方向; 其中, 第三差值是指光电探测器 212 在第 i 时刻测量第一目标光源得到的光照强度与光电探测器第 i+1 时刻测量第一目标光源得到的光照强度之间的差值。

例如, 在测量沿 Z 轴上力的大小和方向时, 可以选择至少一个光源进行反射光的光照强度测量, 比如, 仅选择光源 c 进行测量, 获取光源 c 在触觉传感器承受沿 Z 轴正方向作用力之前对应的反射光的光照强度, 在触觉传感器承受沿 Z 轴正方向作用力之后, 测量光源 c 的反射光的光照强度, 通过对比前后两次测量的光源 c 的光照强度差, 从而得出弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 沿 Z 轴产生的位移, 进而得出在弹性体支撑外壳 22 所施加作用力的大小。例如, 在触觉传感器承受沿 z 轴平移方向的作用力的情况下, 计算触觉传感器的反射器沿 z 轴产生的位移 $trans_z$ 与光电探测器 212 测量的光照强度的对应关系可表示为:

$$trans_z \propto \frac{\lambda_{c1} - \lambda_{c2}}{\lambda_{c1} + \lambda_{c2}}$$

式中, λ_{c1} 用以表示光电探测器测得的第 i 时刻光源 c 的反射光的光照强度; λ_{c2} 用以表示光电探测器测得的第 i+1 时刻光源 c 的反射光的光照强度。

图 7 示出了触觉传感器在承受绕 X 轴旋转的作用力时光电探测器测量反射光的光照强度的示意图。

在该触觉传感器承受绕 X 轴旋转的作用力的情况下, 即, 在该触觉传感器承受绕 X 轴的扭矩的情况下, 弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 沿绕着 X 轴发生旋转, 导致光电探测器 212 所测得的光源 g 和光源 d 的反射光的综合光照强度增加, 而光电探测器 212 所测得的光源 h 和光源 c 的反射光的综合光照强度减小。

在该触觉传感器承受绕 X 轴的旋转方向的力的情况下, 接通第一 x 轴光源, 在第一 x 轴光源处于接通状态下, 获取光电探测器 212 测量得到的第一 x 轴光源的光照强度; 接通第二 x 轴光源, 在第二 x 轴光源处于接通状态下, 获取光电探测器 212 测量得到的第二 x 轴光源的光照强度。

根据第四差值及第二映射关系得到触碰事件中触觉传感器绕 x 轴旋转方向承受的力的大小和方向。

其中, 第四差值是指光电探测器 212 测量第一 x 轴光源得到的光照强度与光电探测器 212 测量第二 x 轴光源得到的光照强度之间的差值。第一 x 轴光源包括第一正 x 轴光源, 第二 x 轴光源包括第二正 x 轴光源; 或者, 第一 x 轴光源包括第一负 x 轴光源, 第二 x 轴光源包括第二负 x 轴光源; 或者, 第一 x 轴光源包括第一正 x 轴光源和第二负 x 轴光源, 第二 x 轴光源包括第二正 x 轴光源和第一负 x 轴光源。

—9—

例如，在该触觉传感器承受绕 X 轴的旋转方向作用力的情况下，首先打开光源 g 和光源 d，利用光电探测器 212 测量光源 g 和光源 d 的反射光的综合光照强度 ($\lambda_g + \lambda_d$)；接着，关闭光源 g 和光源 d，打开光源 h 和光源 c，利用光电探测器 212 测量光源 h 和光源 c 的反射光的综合光照强度 ($\lambda_h + \lambda_c$)；通过对比 ($\lambda_g + \lambda_d$) 与 ($\lambda_h + \lambda_c$) 之间的光照强度差，从而得出弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 绕 X 轴产生的旋转位移或角度，进而得出在弹性体支撑外壳 22 所施加作用力的大小。例如，在该触觉传感器承受绕 X 轴的扭矩的情况下，计算触觉传感器反射器 213 绕 X 轴旋转产生的位移 $revol_x$ 与光电探测器 212 测量的光照强度的对应关系可表示为：

$$revol_x \propto \frac{(\lambda_g + \lambda_d) - (\lambda_h + \lambda_c)}{\lambda_c + \lambda_d + \lambda_h + \lambda_g}$$

式中， λ_c 用以表示光电探测器测得的光源 c 的反射光的光照强度； λ_d 用以表示光电探测器测得的光源 d 的反射光的光照强度； λ_h 用以表示光电探测器测得的光源 h 的反射光的光照强度； λ_g 用以表示光电探测器测得的光源 g 的反射光的光照强度。

可以理解的是，在测量绕 X 轴的扭矩的大小和方向时，可以选择 X 轴两侧的至少两个光源进行测量，比如，光源 g 和光源 h，或，光源 d 和光源 c，但不限于此，本申请实施例对此不作限定。

示例性地，表 2 示出了触觉传感器承受的旋转方向的力的大小和方向，与光电探测器测量的光照强度变化值之间的对应关系，即第二映射关系对照表。如表 2 所示，在触觉传感器承受的旋转方向的力的情况下，分别测量特定位置的光源的反射光的光照强度，或，测量全部光源的反射光的光照强度，例如，在触觉传感器承受的旋转方向的作用力的情况下，测量特定位置的光源的反射光的光照强度，测量后得出，光源 g、光源 h 对应的光照强度分别为 X1、X2，通过触觉传感器反射器 213 沿 X 轴产生的旋转位移 $trans_x$ 与光电探测器 212 测量的光照强度的对应关系，可得到，弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 沿 X 轴产生的旋转位移为 Y1；进而得出触觉传感器承受的平移方向的力的大小为 aN 和方向为与 X 轴顺时针方向。

表 2 第二映射关系对照表

测试光源位置	测得的光照强度/Lux	平移位移/mm	力的大小/N	力的方向	合力大小/N	合力方向
光源 g	X1	Y1	a	X 轴顺时针		
光源 h	X2					

示例性地，图 8 示出了触觉传感器在承受绕 Y 轴旋转方向的作用力时光电探测器测量反射光的光照强度的示意图。在该触觉传感器承受绕 Y 轴旋转的作用力的情况下，弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 绕 Y 轴发生旋转，导致光电探测器 212 所测得的光源 a 和光源 f 的综合光照强度增加，而光电探测器 212 所测得的光源 b 和光源 e 的综合光照强度减小。

在该触觉传感器承受绕 y 轴的旋转方向的作用力的情况下，接通第一 y 轴光源，在第一 y 轴光源处于接通状态下，获取光电探测器 212 测量得到的第一 y 轴光源的光照强度；接通

第二 y 轴光源，在第二 y 轴光源处于接通状态下，获取光电探测器 212 测量得到的第二 y 轴光源的光照强度。

根据第五差值及第二映射关系得到触碰事件中触觉传感器绕 x 轴旋转方向承受的力的大小和方向。

其中，第五差值是指光电探测器 212 测量第一 y 轴光源得到的光照强度与光电探测器 212 测量第二 y 轴光源得到的光照强度之间的差值。第一 y 轴光源包括第一正 y 轴光源，第二 y 轴光源包括第二正 y 轴光源；或者，第一 y 轴光源包括第一负 y 轴光源，第二 y 轴光源包括第二负 y 轴光源；或者，第一 y 轴光源包括第一正 y 轴光源和第二负 y 轴光源，第二 y 轴光源包括第二正 y 轴光源和第一负 y 轴光源。

例如，首先打开光源 a 和光源 f，利用光电探测器 212 测量光源 a 和光源 f 的反射光的综合光照强度 ($\lambda_a + \lambda_f$)；接着，关闭光源 a 和光源 f，打开光源 e 和光源 b，利用光电探测器 212 测量光源 e 和光源 b 的反射光的综合光照强度 ($\lambda_e + \lambda_b$)；通过对比 ($\lambda_a + \lambda_f$) 与 ($\lambda_e + \lambda_b$) 之间的光照强度差，从而得出弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 绕 Y 轴产生的旋转位移或角度，进而得出在弹性体支撑外壳所施加作用力的大小。例如，在触觉传感器承受绕 y 轴旋转方向的作用力的情况下，计算触觉传感器的反射器 213 绕 Y 轴旋转产生的位移 $revol_y$ 与光电探测器 212 测量的光照强度的对应关系可表示为：

$$revol_y \propto \frac{(\lambda_a + \lambda_f) - (\lambda_e + \lambda_b)}{\lambda_a + \lambda_b + \lambda_e + \lambda_f}$$

式中， λ_a 用以表示光电探测器测得的光源 a 的反射光的光照强度； λ_b 用以表示光电探测器测得的光源 b 的反射光的光照强度； λ_e 用以表示光电探测器测得的光源 e 的反射光的光照强度； λ_f 用以表示光电探测器测得的光源 f 的反射光的光照强度。

可以理解的是，在测量绕 Y 轴的扭矩的大小和方向时，可以选择 Y 轴两侧的至少两个光源进行测量，比如，光源 a 和光源 b，或，光源 a 和光源 e，或，光源 b 和光源 f，或，光源 f 和光源 e，但不限于此，本申请实施例对此不作限定。

示例性地，图 9 示出了触觉传感器在承受绕 Z 轴旋转方向的作用力时光电探测器测量反射光的光照强度的示意图。在该触觉传感器承受沿 Z 轴的作用力的情况下，弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 绕 Z 轴发生旋转，导致光电探测器 212 所测得的光源 a、光源 c、光源 e、光源 g 的反射光的光照强度均减小，光电探测器 212 所测得的光源 b、光源 d、光源 f、光源 h 的反射光的光照强度均增大。

在该触觉传感器承受绕 Z 轴的旋转方向的力的情况下，接通第二目标光源，在第二目标光源处于接通状态下，获取光电探测器测量得到的第二目标光源的光照强度；接通第三目标光源，在第三目标光源处于接通状态下，获取光电探测器测量得到的第三目标光源的光照强度；第二目标光源可以是至少两个光源中的任意一个，第三目标光源是至少两个光源中与第二目标光源不同的光源。

根据第六差值及第二映射关系得到触碰事件中触觉传感器绕 z 轴旋转方向承受的力的大小和方向。

其中, 第六差值可以是指光电探测器 212 测量第二目标光源得到的光照强度与光电探测器 212 测量所述第三目标光源得到的光照强度之间的差值。

可以理解的是, 在测量绕 Z 轴的扭矩的大小和方向时, 可以选择全部光源进行测量, 可以选择至少两个光源进行测量, 比如, 光源 a 和光源 b, 或, 光源 a 和光源 d, 或, 光源 a 和光源 f, 或, 光源 a 和光源 h, 或, 光源 c 和光源 d, 但不限于此, 本申请实施例对此不作限定。

例如, 首先打开光源 b、光源 d、光源 f 和光源 h, 利用光电探测器 212 测量光源 b、光源 d、光源 f 和光源 h 的反射光的综合光照强度 ($\lambda_b + \lambda_d + \lambda_f + \lambda_h$); 接着, 关闭光源 b、光源 d、光源 f 和光源 h, 打开光源 a、光源 c、光源 e 和光源 g, 利用光电探测器 212 测量光源 a、光源 c、光源 e 和光源 g 的反射光的综合光照强度 ($\lambda_a + \lambda_c + \lambda_e + \lambda_g$); 通过对比 ($\lambda_b + \lambda_d + \lambda_f + \lambda_h$) 与 ($\lambda_a + \lambda_c + \lambda_e + \lambda_g$) 之间的光照强度差, 从而得出弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 绕 Z 轴产生的旋转位移或角度, 进而得出在弹性体支撑外壳 22 所施加作用力的大小。例如, 在触觉传感器承受绕 z 轴旋转方向的作用力的情况下, 计算触觉传感器的反射器 213 绕 z 轴旋转方向产生的位移 $revol_z$ 与光电探测器 212 测量的光照强度的对应关系可表示为:

$$revol_z \propto \frac{(\lambda_a + \lambda_c + \lambda_e + \lambda_g) - (\lambda_b + \lambda_d + \lambda_f + \lambda_h)}{\lambda_a + \lambda_b + \lambda_c + \lambda_d + \lambda_e + \lambda_f + \lambda_g + \lambda_h}$$

综上所述, 本实施例提供的触觉传感器, 通过光电探测器测量不同的光源的反射光的光照强度, 实现了对平移方向和旋转方向上的力的大小和方向的测量, 本领域技术人员可根据实际测量情况选择合适数量的光源, 以及选择恰当的光源进行反射光测量, 使得触觉传感器的测量结果更加精确。

图 10 中的 (a) 中示出了本申请一个示例性实施例提供的触觉传感器的剖面结构示意图。该触觉传感器包括: 传感单元 21、弹性体支撑外壳 22 和底座 23。

传感单元 21 设置于弹性体支撑外壳 22 和底座 23 围合而成的内腔中。

传感单元 21 包括至少两个光源 211、一个光电探测器 212 和反射器 213, 光电探测器 212 设置于底座 23 上, 至少两个光源 211 在底座 23 上环绕设置在光电探测器 212 的周围, 反射器 21 设置于弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部。图 10 中的 (a) 以至少两个光源 211 包括光源 1 和光源 2 为例。

示例性地, 光源 211 可以为可见光灯或红外线灯中的至少一种, 本申请实施例对此不作限定。反射器 213 用于将光源 211 发出的光通过反射器 213 反射至光电探测器 212, 且反射器 213 与弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部有足够高的对比度。对比度是指反射器 213 与弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部在光源 211 下的颜色差异。光电探测器 212 用于接收光源 211 发出的光的光照强度, 并将光信号转换为电信号。

在一种可能的实现方式中, 底座 23 可以包括 x 轴和 y 轴, x 轴和 y 轴相交处为原点, 光电探测器 212 可以设置于原点, 至少两个光源 211 可以包括正 x 轴光源和负 x 轴光源, 正 x 轴光源和负 x 轴光源分别位于 x 轴的正半轴侧和负半轴侧。

至少两个光源 211 还可以包括正 y 轴光源和负 y 轴光源, 正 y 轴光源和负 y 轴光源分别位于 y 轴的正半轴侧和负半轴侧。

在一种可能的实现方式中,正x轴光源和负x轴光源以原点为中心呈中心对称;和/或,正y轴光源和负y轴光源以原点为中心呈中心对称。

在一种可能的实现方式中,正x轴光源可以包括n1个光源,n1个光源中存在至少两个光源位于x轴正半轴的两侧,n1为大于2的整数;和/或,负x轴光源可以包括n2个光源,n2个光源中存在至少两个光源位于x轴负半轴的两侧,n2为大于2的整数。例如,n1个光源沿直线排列,n1个光源所排直线与x轴正半轴垂直,或,n1个光源沿扇形排列,n1个光源中每个光源距原点的距离相等。n2个光源沿直线排列,n2个光源所排直线与x轴负半轴垂直,或,n2个光源沿扇形排列,n2个光源中每个光源距原点的距离相等。

正y轴光源可以包括n3个光源,n3个光源中存在至少两个光源位于y轴正半轴的两侧,n3为大于2的整数;和/或,负y轴光源包括n4个光源,n4个光源中存在至少两个光源位于y轴负半轴的两侧,n4为大于2的整数。

例如,n3个光源沿直线排列,n3个光源所排直线与y轴正半轴垂直,或,n3个光源沿扇形排列,n3个光源中每个光源距原点的距离相等。n4个光源沿直线排列,n4个光源所排直线与y轴负半轴垂直,或,n4个光源沿扇形排列,n4个光源中每个光源距原点的距离相等。

在一种可能的实现方式中,传感单元21包括八个光源211;八个光源211分别为光源a、光源b、光源c、光源d、光源e、光源f、光源g、光源h,八个光源211在底座23上环绕设置在光电探测器212的周围;正x轴光源、负x轴光源、正y轴光源及负y轴光源均包括两个光源。

其中,光源a为第一正y轴光源,光源b为第二正y轴光源;光源c为第一正x轴光源,光源d为第二正x轴光源;光源e为第一负y轴光源,光源f为第二负y轴光源;光源g为第一负x轴光源,光源h为第二负x轴光源。

在一种可能的实现方式中,触觉传感器包括一个光电探测器212和多个光源211;多个光源211包括至少两个光源211设置于坐标轴的正半轴和负半轴;和/或,多个光源211包括至少两个光源211设置于坐标轴的两侧。

示例性地,在弹性体支撑外壳22上施加作用力时,弹性体支撑外壳22的上表面发生偏移,从而带动弹性体支撑外壳22的内腔顶部的反射器213发生偏移,进一步导致光电探测器212接收到的反射光的光照强度发生变化。依次控制光源211的通断,光电探测器212测量每个光源211的反射光的光照强度,通过计算每个光源211的反射光的光照强度变化,计算出弹性体支撑外壳22的内腔顶部的反射器213的位移,进而得出该触觉传感器所承受力的大小和方向。

如图10中的(b)所示,在弹性体支撑外壳22上施加平移方向的作用力时,仅打开光源1,利用光电探测器212测量光源1的反射光的光照强度;在测量光源1的反射光的光照强度后,关闭光源1,接通光源2,如图10中的(b)所示,利用光电探测器212测量光源2的反射光的光照强度;通过对比计算光源1的反射光的光照强度和光源2的反射光的光照强度之间的差值,计算出弹性体支撑外壳22的内腔顶部的反射器213的位移,进而得出在弹性体支撑外壳22所施加作用力的大小和方向。

在一种可能的实现方式中，反射器 213 在底座 23 上的投影区域与光源 211 的设置位置不存在交集。示例性地，反射器 213 在底座 23 上的投影区域不会与光源 211 发生重合，即，光源位于反射器 213 在底座 23 上的投影区域的外侧，可使得弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 发生位移的情况下，光电探测器 212 对于反射光的光照强度变化测量更加敏感、精确。图 10 中的 (b) 以至少两个光源 211 包括光源 1 和光源 2 为例。

在一种可能的实现方式中，反射器 213 为一个或多个。在反射器 213 为一个的情况下，反射器 213 的形状为正多边形。该正多边形在底座 23 上的投影区域不会与光源 211 发生重合。在反射器 213 为多个的情况下，多个反射器 213 按照正多边形布局设置，或，多个反射器 213 按照环形布局设置。

例如，在有多个反射器 213 的情况下，多个反射器 213 按照正多边形的布局设置，按照正多边形的布局设置的多个反射器 213 在底座 23 上的投影区域位于光电探测器 212 与光源 211 之间；或，多个反射器 213 按环形布局设置，按照环形布局设置的多个反射器 213 在底座 23 上的投影区域位于光电探测器 212 与光源 211 之间。

在一种可能的实现方式中，反射器 213 的形状为矩形、椭圆形、三角形中的至少一种，但不限于此，本申请实施例对此不作限定。

在传感单元包括至少两个光源（例如光源 1 和光源 2）、一个光电探测器 212 和反射器 213 的情况下，如图 11 所示，在一种可能的实现方式中，弹性体支撑外壳 22 为整体结构，在弹性体支撑外壳 22 为整体结构的情况下，弹性体支撑外壳 22 可整体采用硅胶材料。在弹性体支撑外壳 22 为一整体结构的情况下，弹性体支撑外壳 22 的形状为矩形、碗状、半球形、椭球形中的至少一种，但不限于此，本申请实施例对此不作限定。

在一种可能的实现方式中，在传感单元包括至少两个光源（例如光源 1 和光源 2）、一个光电探测器 212 和反射器 213 的情况下，如图 12 所示，弹性体支撑外壳为组装式结构，弹性体支撑外壳 22 包括刚性板 221 和可变形支撑 222，刚性板 221 通过可变形支撑 222 与底座 23 相联接，反射器 213 固定于刚性板 221 的下表面。其中，可变形支撑 222 包括弹簧、橡胶材料、泡沫材料中的至少一种，本申请实施例对此不作限定。

在一种可能的实现方式中，在底座 23 的中央区域可设置光电探测器 212，至少两个光源 211 在底座 23 上环绕设置在光电探测器 212 的周围，反射器 213 设置于弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部。

在一种可能的实现方式中，在弹性体支撑外壳 22 上施加沿 x 轴平移方向的作用力的情况下，如图 13 中 (a) 图所示，通过光电探测器 212 测量光源 c 和光源 d 的反射光的综合光照强度 ($\lambda_c + \lambda_d$)；接着，利用光电探测器 212 测量光源 h 和光源 g 的反射光的综合光照强度 ($\lambda_h + \lambda_g$)；通过对比 ($\lambda_c + \lambda_d$) 与 ($\lambda_h + \lambda_g$) 之间的光照强度差，从而得出弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 沿 X 轴产生的位移，进而得出在弹性体支撑外壳 22 所施加作用力的大小和方向。如图 13 中 (b) 图所示，通过光电探测器 212 测量光源 c 的反射光的光照强度 λ_c ；接着，利用光电探测器 212 测量光源 g 的反射光的光照强度 λ_g ；通过对比 λ_c 与 λ_g 之间的光照强度差，从而得出弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 沿 X 轴产生的位移，进而得出在弹性体支撑外壳 22 所施加作用力的大小和方向。

如图 13 中 (c) 图所示, 通过光电探测器 212 光源 d 的反射光的光照强度 λ_d ; 接着, 利用光电探测器 212 测量光源 g 的反射光的综合光照强度 λ_g ; 通过对比 λ_d 与 λ_g 之间的光照强度差, 从而得出弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 沿 X 轴产生的位移, 进而得出在弹性体支撑外壳 22 所施加作用力的大小和方向。如图 13 中 (d) 图所示, 将源 c 和光源 g 设置于 x 轴上, 通过光电探测器 212 测量光源 c 的反射光的光照强度 λ_c ; 接着, 利用光电探测器 212 测量光源 g 的反射光的光照强度 λ_g ; 通过对比 λ_c 与 λ_g 之间的光照强度差, 从而得出弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 沿 X 轴产生的位移, 进而得出在弹性体支撑外壳 22 所施加作用力的大小和方向。

在一种可能的实现方式中, 在弹性体支撑外壳 22 上施加沿 Y 轴平移方向的作用力的情况下, 如图 14 中 (a) 图所示, 通过光电探测器 212 测量光源 a 和光源 b 的反射光的综合光照强度 ($\lambda_a + \lambda_b$); 接着, 利用光电探测器 212 测量光源 e 和光源 f 的反射光的综合光照强度 ($\lambda_e + \lambda_f$); 通过对比 ($\lambda_a + \lambda_b$) 与 ($\lambda_e + \lambda_f$) 之间的光照强度差, 从而得出弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 沿 Y 轴产生的位移, 进而得出在弹性体支撑外壳 22 所施加作用力的大小和方向。如图 14 中 (b) 图所示, 通过光电探测器 212 测量光源 a 的反射光的光照强度 λ_a ; 接着, 利用光电探测器 212 测量光源 e 的反射光的光照强度 λ_e ; 通过对比 λ_a 与 (λ_e) 之间的光照强度差, 从而得出弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 沿 Y 轴产生的位移, 进而得出在弹性体支撑外壳 22 所施加作用力的大小和方向。如图 14 中 (c) 图所示, 通过光电探测器 212 测量光源 b 的反射光的综合光照强度 λ_b ; 接着, 利用光电探测器 212 测量光源 e 的反射光的光照强度 λ_e ; 通过对比 λ_b 与 λ_e 之间的光照强度差, 从而得出弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 沿 Y 轴产生的位移, 进而得出在弹性体支撑外壳 22 所施加作用力的大小和方向。如图 14 中 (d) 图所示, 将源 a 和光源 f 设置于 x 轴上, 通过光电探测器 212 测量光源 a 的反射光的光照强度 λ_a ; 接着, 利用光电探测器 212 测量光源 f 的反射光的光照强度 λ_f ; 通过对比 λ_a 与 λ_f 之间的光照强度差, 从而得出弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 沿 Y 轴产生的位移, 进而得出在弹性体支撑外壳 22 所施加作用力的大小和方向。

在一种可能的实现方式中, 在弹性体支撑外壳 22 上施加沿 Z 轴平移方向的作用力的情况下, 如图 15 中 (a) 图所示, 通过光电探测器 212 在第 i 时刻测量全部光源的反射光的综合光照强度; 接着, 利用光电探测器 212 在第 i+1 时刻测量全部光源的反射光的综合光照强度; 通过对比两个时刻之间的全部光源的综合光照强度差, 从而得出弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 沿 Z 轴产生的位移, 进而得出在弹性体支撑外壳 22 所施加作用力的大小和方向。如图 15 中 (b) 图所示, 通过光电探测器 212 在第 i 时刻测量部分光源的反射光的综合光照强度 ($\lambda_{a1} + \lambda_{c1} + \lambda_{e1} + \lambda_{g1}$); 接着, 利用光电探测器 212 在第 i+1 时刻测量部分光源的反射光的综合光照强度 ($\lambda_{a2} + \lambda_{c2} + \lambda_{e2} + \lambda_{g2}$); 通过对比两个时刻之间的光源的综合光照强度差, 从而得出弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 沿 Z 轴产生的位移, 进而得出在弹性体支撑外壳 22 所施加作用力的大小和方向。如图 15 中 (c) 图所示, 通过光电探测器 212 在第 i 时刻测量单个光源的反射光的综合光照强度 λ_{a1} ; 接着, 利用光电探测器 212 在第 i+1 时刻测量单个光源的反射光的综合光照强度 λ_{a2} ; 通过对比两

个时刻之间的光源的综合光照强度差，从而得出弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 沿 Z 轴产生的位移，进而得出在弹性体支撑外壳 22 所施加作用力的大小和方向。如图 15 中 (d) 图所示，将光源设置于 X 轴上，通过光电探测器 212 在第 i 时刻测量两个光源的反射光的综合光照强度 ($\lambda_{g1} + \lambda_{d1}$)；接着，利用光电探测器 212 在第 i+1 时刻测量两个光源的反射光的综合光照强度 ($\lambda_{g2} + \lambda_{d2}$)；通过对比两个时刻之间的光源的综合光照强度差，从而得出弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 沿 Z 轴产生的位移，进而得出在弹性体支撑外壳 22 所施加作用力的大小和方向。

可以理解的是，以上测量在弹性体支撑外壳 22 所施加平移方向作用力的大小和方向所选择的光源不限于此，可以根据实际需求选用合适位置的、合适数量的光源进行测量，本申请实施例对此不作限定。

在触觉传感器承受平移方向上的作用力时，本实施例提供了多种可选方案用于测量平移方向上正、负半轴对应光源的反射光光照强度，通过计算平移方向上正、负半轴对应光源的反射光的光照强度的变化值，实现触觉传感器所承受平移方向作用力的大小和方向的感测。

在一种可能的实现方式中，在弹性体支撑外壳 22 上施加沿 X 轴旋转方向的作用力的情况下，如图 16 中 (a) 图所示，利用光电探测器 212 测量光源 d 的反射光的综合光照强度 λ_d ；接着，利用光电探测器测量光源 h 的反射光的综合光照强度 λ_h ；通过对比 λ_d 与 λ_h 之间的光照强度差，从而得出弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器绕 X 轴产生的旋转位移或角度，进而得出在弹性体支撑外壳 22 所施加作用力的大小。如图 16 中 (b) 图所示，利用光电探测器 212 测量光源 g 的反射光的综合光照强度 λ_g ；接着，利用光电探测器测量光源 h 的反射光的综合光照强度 λ_h ；通过对比 λ_g 与 λ_h 之间的光照强度差，从而得出弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 绕 X 轴产生的旋转位移或角度，进而得出在弹性体支撑外壳所施加作用力的大小。

在一种可能的实现方式中，在弹性体支撑外壳 22 上施加沿 Y 轴旋转方向的作用力的情况下，如图 17 中 (a) 图所示，利用光电探测器 212 测量光源 a 的反射光的综合光照强度 λ_a ；接着，利用光电探测器测量光源 e 的反射光的综合光照强度 λ_e ；通过对比 λ_a 与 λ_e 之间的光照强度差，从而得出弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 绕 Y 轴产生的旋转位移或角度，进而得出在弹性体支撑外壳 213 所施加作用力的大小。如图 17 中 (b) 图所示，利用光电探测器 212 测量光源 a 的反射光的综合光照强度 λ_a ；接着，利用光电探测器测量光源 b 的反射光的综合光照强度 λ_b ；通过对比 λ_a 与 λ_b 之间的光照强度差，从而得出弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 绕 Y 轴产生的旋转位移或角度，进而得出在弹性体支撑外壳 22 所施加作用力的大小。

在一种可能的实现方式中，在弹性体支撑外壳 22 上施加沿 Z 轴旋转方向的作用力的情况下，如图 18 中 (a) 图所示，利用光电探测器 212 测量光源 a、光源 c、光源 e、光源 g 的反射光的综合光照强度 ($\lambda_a + \lambda_c + \lambda_e + \lambda_g$)；接着，利用光电探测器测量光源 b、光源 d、光源 f、光源 h 的反射光的综合光照强度 ($\lambda_b + \lambda_d + \lambda_f + \lambda_h$)；通过对比 ($\lambda_a + \lambda_c + \lambda_e + \lambda_g$) 与 ($\lambda_b + \lambda_d + \lambda_f + \lambda_h$) 之间的光照强度差，从而得出弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的

反射器绕 Z 轴产生的旋转位移或角度,进而得出在弹性体支撑外壳 22 所施加作用力的大小。如图 18 中 (b) 图所示,利用光电探测器 212 测量光源 a 的反射光的综合光照强度 λ_a ;接着,利用光电探测器测量光源 b 的反射光的综合光照强度 λ_b ;通过对比 λ_a 与 λ_b 之间的光照强度差,从而得出弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 绕 Z 轴产生的旋转位移或角度,进而得出在弹性体支撑外壳 22 所施加作用力的大小。如图 18 中 (c) 图所示,利用光电探测器 212 测量光源 a、光源 c 的反射光的综合光照强度 ($\lambda_a + \lambda_c$);接着,利用光电探测器 212 测量光源 b、光源 d 的反射光的综合光照强度 ($\lambda_b + \lambda_d$);通过对比 ($\lambda_a + \lambda_c$) 与 ($\lambda_b + \lambda_d$) 之间的光照强度差,从而得出弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 绕 Z 轴产生的旋转位移或角度,进而得出在弹性体支撑外壳 22 所施加作用力的大小。如图 18 中 (d) 图所示,利用光电探测器 212 测量光源 c、光源 e 的反射光的综合光照强度 ($\lambda_c + \lambda_e$);接着,利用光电探测器测量光源 b、光源 d 的反射光的综合光照强度 ($\lambda_b + \lambda_d$);通过对比 ($\lambda_c + \lambda_e$) 与 ($\lambda_b + \lambda_d$) 之间的光照强度差,从而得出弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 绕 Z 轴产生的旋转位移或角度,进而得出在弹性体支撑外壳 22 所施加作用力的大小。

可以理解的是,以上测量在弹性体支撑外壳 22 所施加旋转方向作用力的大小和方向所选择的光源不限于此,可以根据实际需求选用合适位置的、合适数量的光源进行测量,本申请实施例对此不作限定。

在触觉传感器承受旋转方向上的作用力时,本实施例提供了多种可选方案用于测量转轴两侧光源的反射光的光照强度,通过计算转轴两侧光源的反射光的光照强度的变化值,实现触觉传感器所承受旋转方向作用力的大小和方向的感测。

综上所述,本实施例提供的触觉传感器通过采用多个光源和一个光电探测器的组合方式,通过减少光电探测器的使用数量,使得触觉传感器体积减小,同时,光电探测器数量的减少,则光电探测器专用的读取电路相应减少,使得触觉传感器更加的简单且测量速度更快。

综上,本实施例提供的触觉传感器通过多个光源和一个光电探测器测量各个光源的反射光的光照强度,实现了对平移方向、旋转方向等六自由度上的力的大小和方向的感测。

基于上述实施例中对触觉传感器的结构描述,下面对触觉传感器的制备方法进行说明。

图 19 示出了本申请一个示例性实施例提供的触觉传感器的制备方法的流程图,该方法应用于制备上述触觉传感器,该方法的执行主体可以是工业流水线设备。

步骤 1902:在底座上固定光电探测器,将至少两个光源环绕固定于光电探测器的周围。

示例性地,底座 23 为印刷电路板 (printed circuit board, PCB),光电探测器 212 可通过焊接的方式固定在底座 23 上,至少两个光源 23 也可通过焊接的方式环绕固定于光电探测器 212 的周围。

示例性地,光电探测器 212 可通过胶水固定在底座 23 的中央区域,至少两个光源 211 也可通过胶水环绕固定于光电探测器 212 的周围。

可以理解的是,上述固定光电探测器 212 和至少两个光源 211 的方式可以单独实施,或任意组合实施,本申请对此不作限定。

-17-

在一种可能的实现方式中，底座 23 可以包括 x 轴和 y 轴，x 轴和 y 轴相交处为原点；光电探测器 212 设置在原点；至少两个光源 211 包括正 x 轴光源和负 x 轴光源，正 x 轴光源和负 x 轴光源分别固定于 x 轴的正半轴侧和负半轴侧；至少两个光源 211 包括正 y 轴光源和负 y 轴光源，正 y 轴光源和负 y 轴光源分别固定于 y 轴的正半轴侧和负半轴侧。

5 在一种可能的实现方式中，正 x 轴光源和负 x 轴光源以原点为中心呈中心对称；和/或，正 y 轴光源和负 y 轴光源以原点为中心呈中心对称。

在一种可能的实现方式中，正 x 轴光源可以包括 n1 个光源，n1 个光源中存在至少两个光源固定于 x 轴正半轴的两侧；和/或，负 x 轴光源包括 n2 个光源，n2 个光源中存在至少两个光源固定于 x 轴负半轴的两侧，n2 为大于 2 的整数。正 y 轴光源可以包括 n3 个光源，n3 个光源中存在至少两个光源位于 y 轴正半轴的两侧，n3 为大于 2 的整数；和/或，负 y 轴光源包括 n4 个光源，n4 个光源中存在至少两个光源固定于 y 轴负半轴的两侧，n4 为大于 2 的整数。

步骤 1904：在弹性体支撑外壳的内腔顶部固定反射器。

示例性地，在弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部通过胶水固定反射器 213。

15 在一种可能的实现方式中，在弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部设置卡槽，将反射器 213 设置于卡槽内实现固定。

可以理解的是，上述固定反射器 213 的方式可以单独实施，或任意组合实施，本申请对此不作限定。

在一种可能的实现方式中，反射器 213 在底座 23 上的投影区域与光源 211 的设置位置不存在交集。反射器 213 为一个或多个。在反射器 213 为多个的情况下，多个反射器 213 按照正多边形布局固定在弹性体支撑外壳的内腔顶部，或，多个反射器 213 按照环形布局固定在弹性体支撑外壳的内腔顶部。

步骤 1906：将弹性体支撑外壳密封固定在底座上，以使得传感单元密封于弹性体支撑外壳的内腔中。

25 示例性地，在将光电探测器 212 和至少两个光源 211 固定在底座 23 上，且将反射器 213 固定于弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部后，将弹性体支撑外壳 22 通过胶水或螺钉密封固定在底座 23 上，以使得光电探测器 212、至少两个光源 211 及反射器 213 密封于弹性体支撑外壳 22 的内腔中。

综上所述，本实施例提供的方法，为制备上述触觉传感器提供了制备方式，本领域技术人员可结合实际情况选择合适的制备材料和制备方式，使得触觉传感器有更多的实现方式。

结合上述对触觉传感器的结构说明，下面对本申请实施例中提供的触碰事件的检测方法进行说明，图 20 是本申请一个示例性实施例提供的触碰事件的检测方法的流程图，以该方法应用于连接有触觉传感器的控制器中，该方法包括：

35 步骤 2002：获取触觉传感器中光电探测器测得的光照强度。

控制器获取触觉传感器中光电探测器 212 测得的光照强度。光照强度可以是指光电探测器 212 接收到的光源的光照强度。

在一种可能的实现方式中,光电探测器 212 接收到的光源的光照强度指光电探测器 212 获取光源 211 的反射光的光照强度,或,光电探测器 212 直接接收到的光源 211 的光照强度,本申请实施例对此不作限定。

步骤 2004: 根据光照强度的变化值,测量触觉传感器承受的力的大小和方向中的至少一种。

测量触觉传感器承受的力的大小和方向可以是指在触觉传感器与物品接触时,即,触觉传感器在承受压力或拉力时,控制器通过触觉传感器输出的光照强度变化值来计算在触碰事件中触觉传感器所承受压力或拉力的大小或方向。

控制器可以基于触觉传感器输出的光照强度变化值,从而对触碰事件中触觉传感器承受的力的大小和方向进行测量,即,控制器基于触觉传感器输出的光照强度变化值,测量触觉传感器在平移方向上承受的力的大小和方向,或,测量触觉传感器在旋转方向上承受的力的大小和方向。

综上所述,本实施例提供的检测方法,控制器获取触觉传感器的光照强度,控制器根据触觉传感器的光照强度变化值可计算得到触碰事件中触觉传感器承受的力的大小和方向。

结合上述触碰事件的检测方法的描述,下面对本申请实施例中提供的触碰事件中平移方向的力的检测方法进行具体说明,图 21 是本申请一个示例性实施例提供的触碰事件中平移方向的力的检测方法的流程图,该方法应用于连接有触觉传感器的控制器(例如计算机设备的处理器)中,该方法包括:

步骤 2102: 依次控制每个光源的通断,以及在光源处于接通状态下,获取光电探测器测量得到的光照强度。

控制器依次控制每个光源 211 的通断,在光源 211 处于接通状态下,并依次获取光电探测器 212 测量得到的光照强度。

在一种可能的实现方式中,控制器以预设的频率或周期控制光源 211 的通断,同时,控制器以预设的频率或周期获取光电探测器 212 接收到的光照强度。或,控制器以预设的频率或周期控制光源的通断,控制器在光源 211 接通后的预设时间内获取光电探测器 212 接收到的光照强度,本申请实施例对此不作限定。

步骤 2104: 基于光电探测器测量的光照强度的变化值及第一映射关系得到触碰事件中触觉传感器在平移方向承受的力的大小和方向中的至少一种。

在一种可能的实现方式中,第一映射关系可以是指触觉传感器承受的平移方向的力的大小和方向,与光电探测器 212 测量的光照强度的变化值之间的对应关系。

示例性地,在该触觉传感器承受沿 X 轴的作用力的情况下,接通正 x 轴光源,在正 x 轴光源处于接通状态下,获取光电探测器测量得到的正 x 轴光源的光照强度;接通负 x 轴光源,在负 x 轴光源处于接通状态下,获取光电探测器测量得到的负 x 轴光源的光照强度;根据第一差值及第一映射关系得到触碰事件中触觉传感器承受的沿 x 轴平移方向的力的大小和方向;其中,第一差值可以是指光电探测器 212 测量正 x 轴光源得到的光照强度与光电探测器 212 测量负 x 轴光源得到的光照强度之间的差值。第一映射关系可以是指触觉传

感器承受的平移方向的力的大小和方向,与光电探测器测量的光照强度的变化值之间的对应关系。

例如,在该触觉传感器承受沿 X 轴的作用力的情况下,首先打开光源 c 和光源 d,利用光电探测器 212 测量光源 c 和光源 d 的综合光照强度 ($\lambda_c + \lambda_d$);接着,关闭光源 c 和光源 d,打开光源 h 和光源 g,利用光电探测器 212 测量光源 h 和光源 g 的综合光照强度 ($\lambda_h + \lambda_g$);通过对比 ($\lambda_c + \lambda_d$) 与 ($\lambda_h + \lambda_g$) 之间的光照强度差,从而得出弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 沿 X 轴产生的位移,进而得出在弹性体支撑外壳 22 所施加作用力的大小和方向。在该触觉传感器承受沿 X 轴的作用力的情况下,计算触觉传感器反射器 213 沿 X 轴产生的位移 $trans_x$ 与光电探测器 212 测量的光照强度的对应关系可表示为:

$$trans_x \propto \frac{(\lambda_c + \lambda_d) - (\lambda_h + \lambda_g)}{\lambda_c + \lambda_d + \lambda_h + \lambda_g}$$

示例性地,在该触觉传感器承受沿 Y 轴平移方向的作用力的情况下,接通正 y 轴光源,在正 y 轴光源处于接通状态下,获取光电探测器 212 测量得到的正 y 轴光源的光照强度;接通负 y 轴光源,在负 y 轴光源处于接通状态下,获取光电探测器 212 测量得到的负 y 轴光源的光照强度;根据第二差值及第一映射关系得到触碰事件中触觉传感器沿 y 轴平移方向承受的力的大小和方向;其中,第二差值可以是指光电探测器 212 测量正 y 轴光源得到的光照强度与光电探测器 212 测量负 y 轴光源得到的光照强度之间的差值。

例如,首先打开光源 a 和光源 b,利用光电探测器 212 测量光源 a 和光源 b 的综合光照强度 ($\lambda_a + \lambda_b$);接着,关闭光源 a 和光源 b,打开光源 e 和光源 f,利用光电探测器 212 测量光源 e 和光源 f 的综合光照强度 ($\lambda_e + \lambda_f$);通过对比 ($\lambda_a + \lambda_b$) 与 ($\lambda_e + \lambda_f$) 之间的光照强度差,从而得出弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 沿 Y 轴产生的位移,进而得出在弹性体支撑外壳 22 所施加作用力的大小。在触觉传感器承受沿 Y 轴平移方向的作用力的情况下,计算触觉传感器的反射器沿 Y 轴产生的位移 $trans_y$ 与光电探测器 212 测量的光照强度的对应关系可表示为:

$$trans_y \propto \frac{(\lambda_a + \lambda_b) - (\lambda_e + \lambda_f)}{\lambda_a + \lambda_b + \lambda_e + \lambda_f}$$

在一种可能的实现方式中,获取光电探测器 212 在第 i 时刻测量第一目标光源得到的光照强度,以及获取光电探测器 212 第 i+1 时刻测量第一目标光源得到的光照强度,第一目标光源可以是指至少两个光源中的至少一个。根据第三差值及第一映射关系得到触碰事件中触觉传感器承受的力的大小和方向;其中,第三差值可以是指光电探测器 212 在第 i 时刻测量第一目标光源得到的光照强度与光电探测器第 i+1 时刻测量第一目标光源得到的光照强度之间的差值。

示例性地,在该触觉传感器承受沿 z 轴平移方向的作用力的情况下,获取光电探测器 212 在第 i 时刻测量第一目标光源得到的光照强度,以及获取光电探测器 212 第 i+1 时刻测量第一目标光源得到的光照强度,第一目标光源是指至少两个光源中的至少一个。根据第三差值及第一映射关系得到触碰事件中触觉传感器沿 z 轴平移方向承受的力的大小和方向;

其中,第三差值可以是指光电探测器 212 在第 i 时刻测量第一目标光源得到的光照强度与光电探测器第 $i+1$ 时刻测量第一目标光源得到的光照强度之间的差值。

例如,在测量沿 Z 轴上力的大小和方向时,可以选择至少一个光源进行光照强度测量,比如,仅选择光源 c 进行测量,获取光源 c 在触觉传感器承受沿 Z 轴正方向作用力之前对应的光照强度,在触觉传感器承受沿 Z 轴正方向作用力之后,测量光源 c 的光照强度,通过对比前后两次测量的光源 c 的光照强度差,从而得出弹性体支撑外壳的内腔顶部的反射器沿 Z 轴产生的位移,进而得出在弹性体支撑外壳所施加作用力的大小。例如,在触觉传感器承受沿 z 轴平移方向的作用力的情况下,计算触觉传感器的反射器沿 z 轴产生的位移 $trans_z$ 与光电探测器 212 测量的光照强度的对应关系可表示为:

$$trans_z \propto \frac{\lambda_{c1} - \lambda_{c2}}{\lambda_{c1} + \lambda_{c2}}$$

综上所述,本实施例提供的检测方法,控制器通过光电探测器接收特定位置的光源的光照强度,根据光电探测器测量到的对应光源的光照强度及第一映射关系之间的对应关系可计算得到触碰事件中触觉传感器承受的平移方向的力的大小和方向,使得使用该检测方法的触觉传感器能够测量触碰事件中触觉传感器在平移方向承受的力的大小和方向。

结合上述触碰事件的检测方法的描述,下面对本申请实施例中提供的触碰事件中旋转方向的力的检测方法进行具体说明,图 22 是本申请一个示例性实施例提供的触碰事件中旋转方向的力的检测方法的流程图,该方法应用于连接有触觉传感器的控制器(例如计算机设备的处理器)中,该方法包括:

步骤 2202: 依次控制每个光源的通断,以及在光源处于接通状态下,获取光电探测器测量得到的光照强度。

控制器依次控制每个光源 211 的通断,在光源处于接通状态下,依次获取光电探测器 212 测量得到的光照强度。

在一种可能的实现方式中,控制器以预设的频率或周期控制光源 211 的通断,同时,控制器以预设的频率或周期获取光电探测器 212 接收到的光照强度。或,控制器以预设的频率或周期控制光源 211 的通断,控制器在光源 211 接通后的预设时间内获取光电探测器 212 接收到的光照强度,本申请实施例对此不作限定。

步骤 2204: 基于光电探测器测量的光照强度的变化值及第二映射关系得到触碰事件中触觉传感器在旋转方向承受的力的大小和方向中的至少一种。

在一种可能的实现方式中,第二映射关系可以是指触觉传感器承受的旋转方向的力的大小和方向,与光电探测器 212 测量的光照强度的变化值之间的对应关系。

示例性地,在该触觉传感器承受绕 X 轴的旋转方向的力的情况下,接通第一 x 轴光源,在第一 x 轴光源处于接通状态下,获取光电探测器 212 测量得到的第一 x 轴光源的光照强度;接通第二 x 轴光源,在第二 x 轴光源处于接通状态下,获取光电探测器 212 测量得到的第二 x 轴光源的光照强度。

根据第四差值及第二映射关系得到触碰事件中触觉传感器绕 x 轴旋转方向承受的力的大小和方向。

-21-

其中，第四差值可以是指光电探测器 212 测量第一 x 轴光源得到的光照强度与光电探测器 212 测量第二 x 轴光源得到的光照强度之间的差值。第一 x 轴光源包括第一正 x 轴光源，第二 x 轴光源包括第二正 x 轴光源；或者，第一 x 轴光源包括第一负 x 轴光源，第二 x 轴光源包括第二负 x 轴光源；或者，第一 x 轴光源包括第一正 x 轴光源和第二负 x 轴光源，第二 x 轴光源包括第二正 x 轴光源和第一负 x 轴光源。

例如，在该触觉传感器承受绕 X 轴的旋转方向作用力的情况下，首先打开光源 g 和光源 d，利用光电探测器 212 测量光源 g 和光源 d 的综合光照强度 ($\lambda_g + \lambda_d$)；接着，关闭光源 g 和光源 d，打开光源 h 和光源 c，利用光电探测器测量光源 h 和光源 c 的综合光照强度 ($\lambda_h + \lambda_c$)；通过对比 ($\lambda_g + \lambda_d$) 与 ($\lambda_h + \lambda_c$) 之间的光照强度差，从而得出弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 绕 X 轴产生的旋转位移或角度，进而得出在弹性体支撑外壳 22 所施加作用力的大小。例如，在该触觉传感器承受绕 X 轴的扭矩的情况下，计算触觉传感器反射器 213 绕 X 轴旋转产生的位移 $revol_x$ 与光电探测器 212 测量的光照强度的对应关系可表示为：

$$revol_x \propto \frac{(\lambda_g + \lambda_d) - (\lambda_h + \lambda_c)}{\lambda_c + \lambda_d + \lambda_h + \lambda_g}$$

示例性地，在该触觉传感器承受绕 y 轴的旋转方向的力的情况下，接通第一 y 轴光源，在第一 y 轴光源处于接通状态下，获取光电探测器 212 测量得到的第一 y 轴光源的光照强度；接通第二 y 轴光源，在第二 y 轴光源处于接通状态下，获取光电探测器 212 测量得到的第二 y 轴光源的光照强度。

根据第五差值及第二映射关系得到触碰事件中触觉传感器绕 x 轴旋转方向承受的力的大小和方向。

其中，第五差值可以是指光电探测器 212 测量第一 y 轴光源得到的光照强度与光电探测器 212 测量第二 y 轴光源得到的光照强度之间的差值。第一 y 轴光源包括第一正 y 轴光源，第二 y 轴光源包括第二正 y 轴光源；或者，第一 y 轴光源包括第一负 y 轴光源，第二 y 轴光源包括第二负 y 轴光源；或者，第一 y 轴光源包括第一正 y 轴光源和第二负 y 轴光源，第二 y 轴光源包括第二正 y 轴光源和第一负 y 轴光源。

例如，首先打开光源 a 和光源 f，利用光电探测器 212 测量光源 a 和光源 f 的综合光照强度 ($\lambda_a + \lambda_f$)；接着，关闭光源 a 和光源 f，打开光源 e 和光源 b，利用光电探测器 212 测量光源 e 和光源 b 的综合光照强度 ($\lambda_e + \lambda_b$)；通过对比 ($\lambda_a + \lambda_f$) 与 ($\lambda_e + \lambda_b$) 之间的光照强度差，从而得出弹性体支撑外壳 22 的内腔顶部的反射器 213 绕 Y 轴产生的旋转位移或角度，进而得出在弹性体支撑外壳 22 所施加作用力的大小。例如，在触觉传感器承受绕 y 轴旋转方向的作用力的情况下，计算触觉传感器的反射器 213 绕 Y 轴旋转产生的位移 $revol_y$ 与光电探测器 212 测量的光照强度的对应关系可表示为：

$$revol_y \propto \frac{(\lambda_a + \lambda_f) - (\lambda_e + \lambda_b)}{\lambda_a + \lambda_b + \lambda_e + \lambda_f}$$

示例性地,在该触觉传感器承受绕Z轴的旋转方向的力的情况下,接通第二目标光源,在第二目标光源处于接通状态下,获取光电探测器测量得到的第二目标光源的光照强度;接通第三目标光源,在第三目标光源处于接通状态下,获取光电探测器测量得到的第三目标光源的光照强度;第二目标光源可以是至少两个光源中的任意一个,第三目标光源可以是至少两个光源中与第二目标光源不同的光源。

根据第六差值及第二映射关系得到触碰事件中触觉传感器绕z轴旋转方向承受的力的大小和方向。

其中,第六差值可以是指光电探测器212测量第二目标光源得到的光照强度与光电探测器212测量第三目标光源得到的光照强度之间的差值。

例如,首先打开光源b、光源d、光源f和光源h,利用光电探测器212测量光源b、光源d、光源f和光源h的综合光照强度 $(\lambda_b + \lambda_d + \lambda_h + \lambda_f)$;接着,关闭光源b、光源d、光源f和光源h,打开光源a、光源c、光源e和光源g,利用光电探测器212测量光源a、光源c、光源e和光源g的综合光照强度 $(\lambda_a + \lambda_c + \lambda_e + \lambda_g)$;通过对比 $(\lambda_b + \lambda_d + \lambda_h + \lambda_f)$ 与 $(\lambda_a + \lambda_c + \lambda_e + \lambda_g)$ 之间的光照强度差,从而得出弹性体支撑外壳22的内腔顶部的反射器213绕Z轴产生的旋转位移或角度,进而得出在弹性体支撑外壳22所施加作用力的大小。例如,在触觉传感器承受绕z轴旋转方向的作用力的情况下,计算触觉传感器的反射器213绕z轴旋转方向产生的位移 $revol_z$ 与光电探测器212测量的光照强度的对应关系可表示为:

$$revol_z \propto \frac{(\lambda_a + \lambda_c + \lambda_e + \lambda_g) - (\lambda_b + \lambda_d + \lambda_h + \lambda_f)}{\lambda_a + \lambda_b + \lambda_c + \lambda_d + \lambda_e + \lambda_f + \lambda_g + \lambda_h}$$

示例性地,获取光电探测器在第i时刻测量第四目标光源得到的光照强度,以及获取光电探测器在第i+1时刻测量第四目标光源得到的光照强度,第四目标光源可以是指至少两个光源中的至少一个。

根据第七差值及第二映射关系得到触碰事件中触觉传感器在旋转方向承受的力的大小和方向;其中,第七差值可以是指光电探测器在第i时刻测量第四目标光源得到的光照强度与光电探测器在第i+1时刻测量第四目标光源得到的光照强度之间的差值。

例如,在测量绕Z轴上力的大小和方向时,可以选择至少一个光源进行光照强度测量,比如,仅选择光源c进行测量,获取光源c在触觉传感器承受绕Z轴顺时针旋转作用力之前对应的光照强度,在触觉传感器承受绕Z轴顺时针旋转作用力之后,测量光源c的光照强度,通过对比前后两次测量的光源c的光照强度差,从而得出弹性体支撑外壳的内腔顶部的反射器绕Z轴产生的位移,进而得出在弹性体支撑外壳所施加作用力的大小。

综上所述,本实施例提供的检测方法,控制器通过光电探测器接收特定位置的光源的光照强度,根据光电探测器测量到的对应光源的光照强度变化值及第二映射关系之间的对应关系可计算得到触碰事件中触觉传感器在旋转方向承受的力的大小和方向,使得使用该检测方法的触觉传感器能够测量触碰事件中触觉传感器在旋转方向承受的力的大小和方向。

结合上述触碰事件的检测方法的描述,下面对本申请实施例中提供的触碰事件中旋转方向和/或平移方向的力的检测方法进行具体说明,图23是本申请一个示例性实施例提供

的触碰事件中旋转方向和/或平移方向的力的检测方法的流程图，该方法应用于连接有触觉传感器的控制器（例如计算机设备的处理器）中，该方法包括：

步骤 2302：依次控制每个光源的通断，以及在光源处于接通状态下，获取光电探测器测量得到的光照强度。

5 控制器依次控制每个 211 光源的通断，在光源处于接通状态下，依次获取光电探测器 212 接收到的光照强度。

10 在一种可能的实现方式中，控制器以预设的频率或周期控制光源 211 的通断，同时，控制器以预设的频率或周期获取光电探测器 212 接收到的光照强度，或，控制器以预设的频率或周期控制光源的通断，控制器在光源接通后的预设时间内获取光电探测器 212 接收到的光照强度，本申请实施例对此不作限定。

步骤 2304：将光电探测器测量的光照强度输入至测量机器学习模型进行预测，得出触碰事件中触觉传感器承受的力的大小和方向中的至少一种。

在一种可能的实现方式中，机器学习模型是计算机设备根据触觉传感器承受的力的大小和方向，与光电探测器 212 测量的光照强度变化值之间的对应关系进行训练得到的。

15 示例性地，控制器通过光电探测器 212 接收特定位置的光源的光照强度，如，特定位置的光源分别为光源 c、光源 d、光源 h、光源 g，光电探测器 212 接收到的对应光源 211 的光照强度分别为 λ_c 、 λ_d 、 λ_h 、 λ_g ，控制器将测得的光照强度输入至机器学习模型，机器学习模型计算出触觉传感器承受的力的大小和方向。

20 在一种可能的实现方式中，机器学习模型的训练方式包括：（1）获取训练样本。训练样本包括样本作用力和样本触觉结果，样本作用力是指作用于触觉传感器上的已知作用力，即，已知作用力的方向和大小；样本触觉结果是指触觉传感器在样本作用力的作用下，光电探测器测量到的对应光源的光照强度。（2）获取预测触觉结果。在机器学习模型中输入样本作用力，得到预测触觉结果，即，得到预测的光照强度。（3）得到误差损失。对预测触觉结果和样本触觉结果进行误差计算，得到误差损失。（4）通过误差反向传播算法根据
25 误差损失对机器学习模型进行训练，得到训练后的机器学习模型。

综上所述，本实施例提供的检测方法，控制器通过光电探测器接收特定位置的光源的光照强度，控制器将光电探测器接收到的对应光源的光照强度输入至机器学习模型，机器学习模型计算出触觉传感器承受的力的大小和方向，使得使用该检测方法的触觉传感器能够测量触碰事件中触觉传感器在旋转方向和/或平移方向承受的力的大小和方向。

30 结合上述触觉传感器以及触碰事件的检测方法的介绍，图 24 示出了一种电子皮肤的示意图。

示例性地，在电子皮肤的表面覆盖有触觉传感阵列，触觉传感阵列包括至少两个前述的触觉传感器。

35 比如，如图 24 所示，将电子皮肤贴于机械手上，机械手通过对物体抓握这一动作，可以收集到触觉信号，并向控制器进行反馈，比如，机械手向控制器反馈在初始接触物体的时刻，物体是否在机械手内发生打滑。机械手可用于调节抓握力，从而在确保不压碎物体

的情况下维持最佳的抓取力。由于机械手上的触觉传感器可以提供旋转方向上的力的信息，即，扭矩信息，所以，控制器可以更好的估算出物体在手中的姿态。

在一种可能的实现方式中，电子皮肤的布置可根据机械手的形状进行调整。

综上所述，本实施例提供的电子皮肤，通过电子皮肤表面覆盖的触觉传感阵列实现对触觉传感器承受的旋转方向和/或平移方向的力的大小和方向的多方位传感，从而提供精确的感知与反馈。

结合上述触觉传感器以及触碰事件的检测方法，本申请一个示例性实施例提供一种机器人，该机器人表面预设位置覆盖有上述的场景传感器或上述电子皮肤，该机器人包括机械手，如：手部，该机械手用于对物品进行抓取，该机械手上覆盖有上述的触觉传感器或上述的电子皮肤。

结合上述触觉传感器以及触碰事件的检测方法，本申请一个示例性实施例提供一种感知设备的结构框图，如图 25 所示，该感知设备 2500 包括：控制器 2510 和触觉传感器 2520，触觉传感器 2520 包括至少一个上述的触觉传感器 2520，控制器连接触觉传感器 2520 并执行上述的触碰事件的检测方法。

在一种可能的实现方式中，该智能设备 2500 还包括显示屏 2530。

该触觉传感器 2520 用于对触碰事件进行检测，在一种可能的实现方式中，该触觉传感器 2520 实现为如图 2 所示的触觉传感器。

在一个在一种可能的实现方式中实施例中，提供了一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质连接有上述实施例所述的触觉传感器，所述计算机可读存储介质中存储有至少一条指令，所述至少一条指令由处理器加载并执行以实现如上所述的触碰事件的检测方法。

在一种可能的实现方式中，该计算机可读存储介质可以包括：只读存储器（Read Only Memory，ROM）、随机存取记忆体（Random Access Memory，RAM）、固态硬盘（Solid State Drives，SSD）或光盘等。其中，随机存取记忆体可以包括电阻式随机存取记忆体（Resistance Random Access Memory，ReRAM）和动态随机存取存储器（Dynamic Random Access Memory，DRAM）。上述本申请实施例序号仅仅为了描述，不代表实施例的优劣。

本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例的全部或部分步骤可以通过硬件来完成，也可以通过程序来指令相关的硬件完成，所述的程序可以存储于一种计算机可读存储介质中，上述提到的存储介质可以是只读存储器，磁盘或光盘等。

需要说明的是，上述触觉传感器的应用场景包括如下场景中的至少一种：

第一，应用于远程操控应用场景，通过远程遥控机械手，机械手上的触觉传感器将机械手所承受的力的大小和方向反馈给触觉渲染设备，触觉渲染设备将机械手的受力渲染结果反馈给操作员，操作员通过受力渲染结果可清晰的了解机械手所承受的力的大小和方向。

第二，应用于智能机器人的自我保护系统场景，将触觉传感器排布于智能机器人的体表，该触觉传感器可对外界环境进行实时的感知，并对自身系统进行保护。由于该触觉传感器能够灵敏的感知压力，因此当智能机器人受到一定撞击时，即检测到的压强超过一定的阈值范围时，将触发智能机器人的自我保护开关，进行断电或者其他的自我保护行为。

第三，应用于测量和诊断工具场景，将触觉传感器排布于机械手表面，通过操控机械手执行任务时反馈的力的信息，判断完成任务所需的力是否合理。比如，操控机械手拔插头时测量机械手指尖施加的力矩，从而了解完成任务所需的力矩是否合理。

值得注意的是，上述应用场景中，以远程操控应用场景、智能机器人的自我保护系统场景以及测量和诊断工具场景为例进行说明，该触觉传感器还可以应用于其他需要确定力的大小和/或方向的场景下，本申请实施例对此不加以限定。

请参考图 26，其示出了本申请一个示例性实施例提供的计算机设备 2600 的结构框图。该计算机设备 2600 可以是便携式移动终端，比如：智能手机、平板电脑、MP3 播放器(Moving Picture Experts Group Audio Layer III，动态影像专家压缩标准音频层面 3)、MP4 (Moving Picture Experts Group Audio Layer IV，动态影像专家压缩标准音频层面 4) 播放器。计算机设备 2600 还可能被称为用户设备、便携式终端等其他名称。

通常，计算机设备 2600 包括有：处理器 2601 和存储器 2602，该处理器 2601 与上述实施例提供的触觉传感器相连接。

处理器 2601 可以包括一个或多个处理核心，比如 4 核心处理器、8 核心处理器等。处理器 2601 可以采用 DSP (Digital Signal Processing，数字信号处理)、FPGA (Field-Programmable Gate Array，现场可编程门阵列)、PLA (Programmable Logic Array，可编程逻辑阵列) 中的至少一种硬件形式来实现。处理器 2601 也可以包括主处理器和协处理器，主处理器是用于对在唤醒状态下的数据进行处理的处理单元，也称 CPU (Central Processing Unit，中央处理器)；协处理器是用于对在待机状态下的数据进行处理的低功耗处理器。在一些实施例中，处理器 2601 可以在集成有 GPU (Graphics Processing Unit，图像处理器)，GPU 用于负责显示屏所需要显示的内容的渲染和绘制。一些实施例中，处理器 2601 还可以包括 AI (Artificial Intelligence，人工智能) 处理器，该 AI 处理器用于处理有关机器学习的计算操作。

存储器 2602 可以包括一个或多个计算机可读存储介质，该计算机可读存储介质可以是有形的和非暂态的。存储器 2602 还可包括高速随机存取存储器，以及非易失性存储器，比如一个或多个磁盘存储设备、闪存存储设备。在一些实施例中，存储器 2602 中的非暂态的计算机可读存储介质用于存储至少一个指令，该至少一个指令用于被处理器 2601 所执行以实现本申请中提供的触碰事件的检测方法。

在一些实施例中，计算机设备 2600 还可选包括有：外围设备接口 2603 和至少一个外围设备。具体地，外围设备包括：射频电路 2604、触摸显示屏 2605、摄像头 2606、音频电路 2607 和电源 2608 中的至少一种。

在一些实施例中，计算机设备 2600 还包括有一个或多个传感器 2609。该一个或多个传感器 2609 包括但不限于：加速度传感器 2610、陀螺仪传感器 2611、压力传感器 2612、光学传感器 2613 以及接近传感器 2614。

本领域技术人员可以理解，图 26 中示出的结构并不构成对计算机设备 2600 的限定，可以包括比图示更多或更少的组件，或者组合某些组件，或者采用不同的组件布置。

应当理解的是，在本文中提及的“多个”是指两个或两个以上。“和/或”，描述关联对象的关联关系，表示可以存在三种关系，例如，A 和/或 B，可以表示：单独存在 A，同时存在 A 和 B，单独存在 B 这三种情况。字符“/”一般表示前后关联对象是一种“或”的关系。

5 以上所述仅为本申请的可选实施例，并不用以限制本申请，凡在本申请的精神和原则之内，所作的任何修改、等同切换、改进等，均应包含在本申请的保护范围之内。

-27-

权 利 要 求

1.一种触觉传感器,所述触觉传感器包括:传感单元(21)、弹性体支撑外壳(22)和底座(23);

所述传感单元(21)设置于所述弹性体支撑外壳(22)和所述底座(23)围合而成的内腔中;

所述传感单元(21)包括至少两个光源(211)、一个光电探测器(212)和反射器(213),所述光电探测器(212)设置于所述底座(23)上,所述至少两个光源(211)在所述底座(23)上环绕设置在所述光电探测器(212)的周围,所述反射器(213)设置于所述弹性体支撑外壳(22)的内腔顶部。

2.根据权利要求1所述的触觉传感器,所述底座包括x轴和y轴,所述x轴和所述y轴相交处为原点;

所述光电探测器(212)设置在所述原点;

所述至少两个光源(211)包括正x轴光源和负x轴光源,所述正x轴光源位于所述x轴的正半轴侧,所述负x轴光源位于所述x轴的负半轴侧。

3.根据权利要求2所述的触觉传感器,所述正x轴光源和所述负x轴光源以所述原点为中心呈中心对称。

4.根据权利要求2所述的触觉传感器,所述正x轴光源包括n1个光源,所述n1个光源中存在至少两个光源位于所述x轴正半轴的两侧,n1为大于2的整数;

和/或,

所述负x轴光源包括n2个光源,所述n2个光源中存在至少两个光源位于所述x轴负半轴的两侧,n2为大于2的整数。

5.根据权利要求1至4任一所述的触觉传感器,若所述底座包括x轴和y轴,所述x轴和所述y轴相交处为原点,所述光电探测器(212)设置在所述原点;

所述至少两个光源(211)包括正y轴光源和负y轴光源,所述正y轴光源位于所述y轴的正半轴侧,所述负y轴光源位于所述y轴的负半轴侧。

6.根据权利要求5所述的触觉传感器,所述正y轴光源和所述负y轴光源以所述原点为中心呈中心对称。

7.根据权利要求5所述的触觉传感器,所述正y轴光源包括n3个光源,所述n3个光源中存在至少两个光源位于所述y轴正半轴的两侧,n3为大于2的整数;

和/或,

所述负y轴光源包括n4个光源,所述n4个光源中存在至少两个光源位于所述y轴负半轴的两侧,n4为大于2的整数。

8.根据权利要求5所述的触觉传感器,所述传感单元(21)包括八个光源(211),所述正x轴光源、所述负x轴光源、所述正y轴光源及所述负y轴光源均包括两个光源;

所述八个光源(211)分别为光源a、光源b、光源c、光源d、光源e、光源f、光源g、光源h,所述八个光源(211)在所述底座(23)上环绕设置在所述光电探测器(212)的周围;

其中, 所述光源 a 为第一正 y 轴光源, 所述光源 b 为第二正 y 轴光源; 所述光源 c 为第一正 x 轴光源, 所述光源 d 为第二正 x 轴光源; 所述光源 e 为第一负 y 轴光源, 所述光源 f 为第二负 y 轴光源; 所述光源 g 为第一负 x 轴光源, 所述光源 h 为第二负 x 轴光源。

9. 根据权利要求 2 至 4 任一所述的触觉传感器, 所述至少两个光源 (211) 设置于同一坐标轴的正半轴区域和负半轴区域;

和/或,

所述至少两个光源 (211) 设置于同一所述坐标轴的两侧。

10. 根据权利要求 1 至 4 任一所述的触觉传感器, 所述反射器 (213) 在所述底座 (23) 上的投影区域与所述至少两个光源 (211) 的设置位置不存在交集。

11. 根据权利要求 10 所述的触觉传感器, 所述反射器 (213) 的数量为一个;

所述反射器 (213) 的形状为正多边形。

12. 根据权利要求 10 所述的触觉传感器, 所述反射器 (213) 的数量为多个;

多个所述反射器 (213) 按照正多边形布局设置, 或, 多个所述反射器 (213) 按照环形布局设置。

13. 根据权利要求 1 至 4 任一所述的触觉传感器, 所述弹性体支撑外壳 (22) 为一整体结构, 且所述弹性体支撑外壳 (22) 采用硅胶材料;

或,

所述弹性体支撑外壳 (22) 包括刚性板和可变形支撑, 所述刚性板通过所述可变形支撑与所述底座 (23) 相联接, 所述反射器 (213) 固定于所述刚性板的下表面。

14. 一种触碰事件的检测方法, 所述方法由计算机设备执行, 所述检测方法包括:

获取所述触觉传感器中所述光电探测器测得的光照强度, 所述触觉传感器是如权利要求 1 至 13 任一所述的触觉传感器;

根据所述光照强度的变化值, 测量所述触觉传感器承受的力的大小和方向中的至少一种。

15. 根据权利要求 14 所述的检测方法, 所述获取所述触觉传感器中所述光电探测器测得的光照强度, 包括:

依次控制每个所述光源的通断, 以及在所述光源处于接通状态下, 获取所述光电探测器测量得到的光照强度;

所述根据所述光照强度的变化值, 测量所述触觉传感器承受的力的大小和方向中的至少一种, 包括:

基于所述光电探测器测量的所述光照强度的变化值及第一映射关系得到所述触碰事件中所述触觉传感器在平移方向上承受的力的大小和方向中的至少一种;

其中, 所述第一映射关系是指所述触觉传感器在平移方向上承受的力的大小和方向, 与所述光照强度的变化值之间的对应关系。

16. 根据权利要求 15 所述的检测方法, 所述至少两个光源包括正 x 轴光源和负 x 轴光源;

所述依次控制每个所述光源的通断,以及在所述光源处于接通状态下,获取所述光电探测器测量得到的光照强度,包括:

接通所述正 x 轴光源,在所述正 x 轴光源处于接通状态下,获取所述光电探测器测量得到的所述正 x 轴光源的光照强度;

5 接通所述负 x 轴光源,在所述负 x 轴光源处于接通状态下,获取所述光电探测器测量得到的所述负 x 轴光源的光照强度;

所述基于所述光电探测器测量的所述光照强度的变化值及第一映射关系得到所述触碰事件中所述触觉传感器在平移方向上承受的力的大小和方向中的至少一种,包括:

10 根据第一差值及所述第一映射关系得到所述触碰事件中所述触觉传感器沿 x 轴平移方向承受的力的大小和方向;

其中,所述第一差值是指所述光电探测器测量所述正 x 轴光源得到的光照强度与所述光电探测器测量所述负 x 轴光源得到的光照强度之间的差值。

17.根据权利要求 16 所述的检测方法,所述至少两个光源包括正 y 轴光源和负 y 轴光源;

15 所述依次控制每个所述光源的通断,以及在所述光源处于接通状态下,获取所述光电探测器测量得到的光照强度,包括:

接通所述正 y 轴光源,在所述正 y 轴光源处于接通状态下,获取所述光电探测器测量得到的所述正 y 轴光源的光照强度;

20 接通所述负 y 轴光源,在所述负 y 轴光源处于接通状态下,获取所述光电探测器测量得到的所述负 y 轴光源的光照强度;

所述基于所述光电探测器测量的所述光照强度的变化值及第一映射关系得到所述触碰事件中所述触觉传感器在平移方向上承受的力的大小和方向中的至少一种,包括:

根据第二差值及所述第一映射关系得到所述触碰事件中所述触觉传感器沿 y 轴平移方向承受的力的大小和方向;

25 其中,所述第二差值是指所述光电探测器测量所述正 y 轴光源得到的光照强度与所述光电探测器测量所述负 y 轴光源得到的光照强度之间的差值。

18.根据权利要求 15 所述的检测方法,所述依次控制每个所述光源的通断,以及在所述光源处于接通状态下,获取所述光电探测器测量得到的光照强度,包括:

30 获取所述光电探测器在第 i 时刻测量第一目标光源得到的光照强度,以及获取所述光电探测器在第 i+1 时刻测量所述第一目标光源得到的光照强度,所述第一目标光源是指所述至少两个光源中的至少一个;

所述基于所述光电探测器测量的所述光照强度的变化值及第一映射关系得到所述触碰事件中所述触觉传感器在平移方向上承受的力的大小和方向中的至少一种,包括:

35 根据第三差值及所述第一映射关系得到所述触碰事件中所述触觉传感器在平移方向上的力的大小和方向;

其中,所述第三差值是指所述光电探测器在第 i 时刻测量所述第一目标光源得到的光照强度与所述光电探测器在第 i+1 时刻测量所述第一目标光源得到的光照强度之间的差值。

19.根据权利要求 14 所述的检测方法,所述获取所述触觉传感器中所述光电探测器测得的光照强度,包括:

依次控制每个所述光源的通断,以及在所述光源处于接通状态下,获取所述光电探测器测量得到的光照强度;

5 所述根据所述光照强度的变化值,测量所述触觉传感器承受的力的大小和方向中的至少一种,包括:

基于所述光电探测器测量的所述光照强度的变化值及第二映射关系得到所述触碰事件中所述触觉传感器在旋转方向上承受的力的大小和方向中的至少一种;

10 其中,所述第二映射关系是指所述触觉传感器在旋转方向上承受的力的大小和方向,与所述光照强度的变化值之间的对应关系。

20.根据权利要求 19 所述的检测方法,所述至少两个光源包括第一 x 轴光源和第二 x 轴光源;

所述依次控制每个所述光源的通断,以及在所述光源处于接通状态下,获取所述光电探测器测量得到的光照强度,包括:

15 接通所述第一 x 轴光源,在所述第一 x 轴光源处于接通状态下,获取所述光电探测器测量得到的所述第一 x 轴光源的光照强度;

接通所述第二 x 轴光源,在所述第二 x 轴光源处于接通状态下,获取所述光电探测器测量得到的所述第二 x 轴光源的光照强度;

20 所述基于所述光电探测器测量的所述光照强度的变化值及第二映射关系得到所述触碰事件中所述触觉传感器在旋转方向上承受的力的大小和方向中的至少一种,包括:

根据第四差值及所述第二映射关系得到所述触碰事件中所述触觉传感器绕 x 轴旋转方向承受的力的大小和方向;

25 其中,所述第四差值是指所述光电探测器测量所述第一 x 轴光源得到的光照强度与所述光电探测器测量所述第二 x 轴光源得到的光照强度之间的差值;所述第一 x 轴光源包括所述第一正 x 轴光源,所述第二 x 轴光源包括所述第二正 x 轴光源;或者,所述第一 x 轴光源包括所述第一负 x 轴光源,所述第二 x 轴光源包括所述第二负 x 轴光源;或者,所述第一 x 轴光源包括所述第一正 x 轴光源和所述第二负 x 轴光源,所述第二 x 轴光源包括所述第二正 x 轴光源和所述第一负 x 轴光源。

30 21.根据权利要求 20 所述的检测方法,所述至少两个光源包括第一 y 轴光源和第二 y 轴光源;

所述依次控制每个所述光源的通断,以及在所述光源处于接通状态下,获取所述光电探测器测量得到的光照强度,包括:

接通所述第一 y 轴光源,在所述第一 y 轴光源处于接通状态下,获取所述光电探测器测量得到的所述第一 x 轴光源的光照强度;

35 接通所述第二 y 轴光源,在所述第二 y 轴光源处于接通状态下,获取所述光电探测器测量得到的所述第二 x 轴光源的光照强度;

所述基于所述光电探测器测量的所述光照强度的变化值及第二映射关系得到所述触碰事件中所述触觉传感器在旋转方向上承受的力的大小和方向中的至少一种，包括：

根据第五差值及所述第二映射关系得到所述触碰事件中所述触觉传感器绕 y 轴旋转方向承受的力的大小和方向；

- 5 其中，所述第五差值是指所述光电探测器测量所述第一 y 轴光源得到的光照强度与
所述光电探测器测量所述第二 y 轴光源得到的光照强度之间的差值；所述第一 y 轴光源包括
所述第一正 y 轴光源，所述第二 y 轴光源包括所述第二正 y 轴光源；或者，所述第一 y 轴
光源包括所述第一负 y 轴光源，所述第二 y 轴光源包括所述第二负 y 轴光源；或者，所述
10 第一 y 轴光源包括所述第一正 y 轴光源和所述第二负 y 轴光源，所述第二 y 轴光源包括所
述第二正 y 轴光源和所述第一负 y 轴光源。

22. 根据权利要求 19 所述的检测方法，所述依次控制每个所述光源的通断，以及在所
述光源处于接通状态下，获取所述光电探测器测量得到的光照强度，包括：

接通第二目标光源，在所述第二目标光源处于接通状态下，获取所述光电探测器测量
得到的所述第二目标光源的光照强度；

- 15 接通第三目标光源，在所述第三目标光源处于接通状态下，获取所述光电探测器测量
得到的所述第三目标光源的光照强度；

所述第二目标光源是所述至少两个光源中的任意一个，所述第三目标光源是所述至少
两个光源中与所述第二目标光源不同的光源；

- 20 所述基于所述光电探测器测量的所述光照强度的变化值及第二映射关系得到所述触碰
事件中所述触觉传感器在旋转方向上承受的力的大小和方向中的至少一种，包括：

根据第六差值及所述第二映射关系得到所述触碰事件中所述触觉传感器绕 z 轴旋转方
向承受的力的大小和方向；

其中，所述第六差值是指所述光电探测器测量所述第二目标光源得到的光照强度与所
述光电探测器测量所述第三目标光源得到的光照强度之间的差值。

- 25 23. 根据权利要求 19 所述的检测方法，所述依次控制每个所述光源的通断，以及在所
述光源处于接通状态下，获取所述光电探测器测量得到的光照强度，包括：

获取所述光电探测器在第 i 时刻测量第四目标光源得到的光照强度，以及获取所述光
电探测器在第 i+1 时刻测量所述第四目标光源得到的光照强度，所述第四目标光源是指所
述至少两个光源中的至少一个；

- 30 所述基于所述光电探测器测量的所述光照强度的变化值及第二映射关系得到所述触碰
事件中所述触觉传感器在旋转方向上承受的力的大小和方向中的至少一种，包括：

根据第七差值及所述第二映射关系得到所述触碰事件中所述触觉传感器旋转方向承受
的力的大小和方向；

- 35 其中，所述第七差值是指所述光电探测器在第 i 时刻测量所述第四目标光源得到的光
照强度与所述光电探测器在第 i+1 时刻测量所述第四目标光源得到的光照强度之间的差值。

24. 根据权利要求 14 所述的检测方法，所述获取所述触觉传感器中所述光电探测器测
得的光照强度，包括：

依次控制每个所述光源的通断，以及在所述光源处于接通状态下，获取所述光电探测器测量得到的光照强度；

所述根据所述光照强度的变化值，测量所述触觉传感器承受的力的大小和方向中的至少一种，包括：

5 将所述光电探测器测量的光照强度输入至机器学习模型进行预测，得出所述触碰事件中所述触觉传感器承受的力的大小和方向中的至少一种；

其中，所述机器学习模型是计算机设备根据所述触觉传感器承受的力的大小和方向，与光照强度的变化值之间的对应关系进行训练得到的。

10 25.一种电子皮肤，所述电子皮肤的表面覆盖有触觉传感器阵列，所述触觉传感器阵列包括至少两个如权利要求 1 至 13 任一所述的触觉传感器。

26.一种机器人，所述机器人表面预设位置处覆盖有如权利要求 1 至 13 任一所述的触觉传感器，或，如权利要求 25 所述的电子皮肤。

15 27.一种感知设备，所述感知设备包括：控制器和触觉传感器，所述触觉传感器包括至少一个如权利要求 1 至 13 任一所述的触觉传感器，所述控制器连接所述触觉传感器并执行以实现如权利要求 14 至 24 任一所述的触碰事件的检测方法。

28.一种计算机可读存储介质，所述存储介质中存储有至少一条指令，所述至少一条指令由处理器加载并执行以实现如权利要求 14 至 24 任一所述的触碰事件的检测方法。

29.一种计算机程序产品，包括计算机程序/指令，所述计算机程序/指令被处理器执行时实现权利要求 14 至 24 任一所述的触碰事件的检测方法。

触觉传感系统100

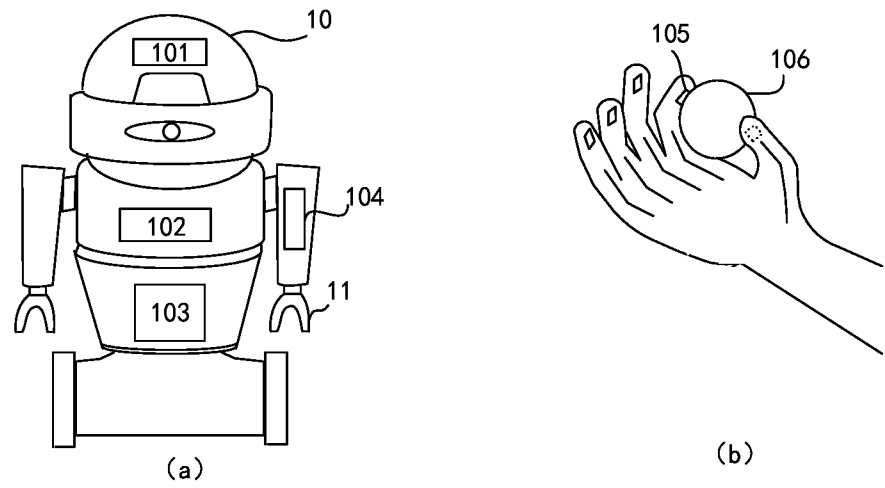


图 1

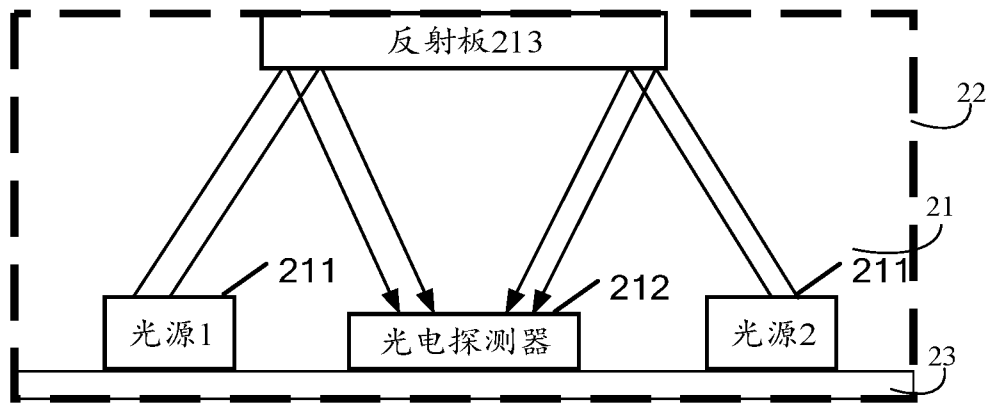


图 2

—2/14—

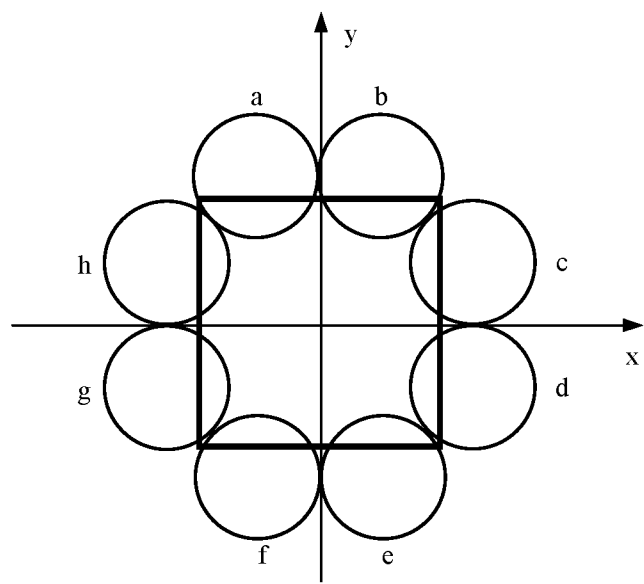


图 3

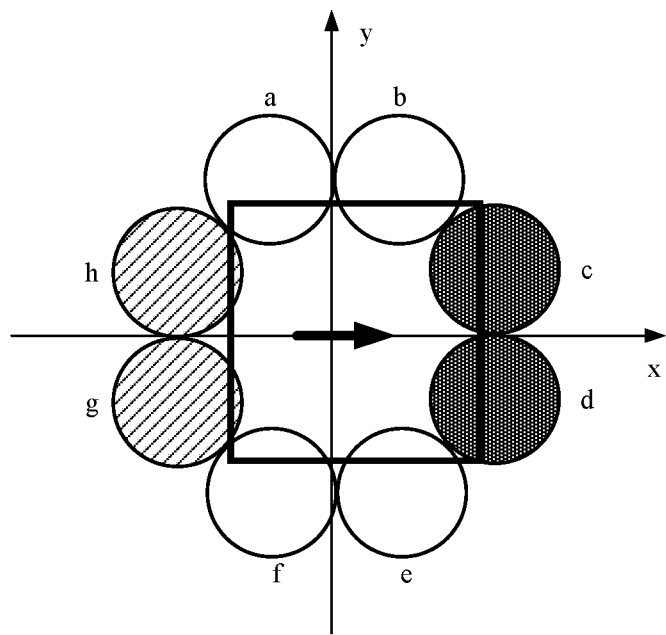


图 4

—3/14—

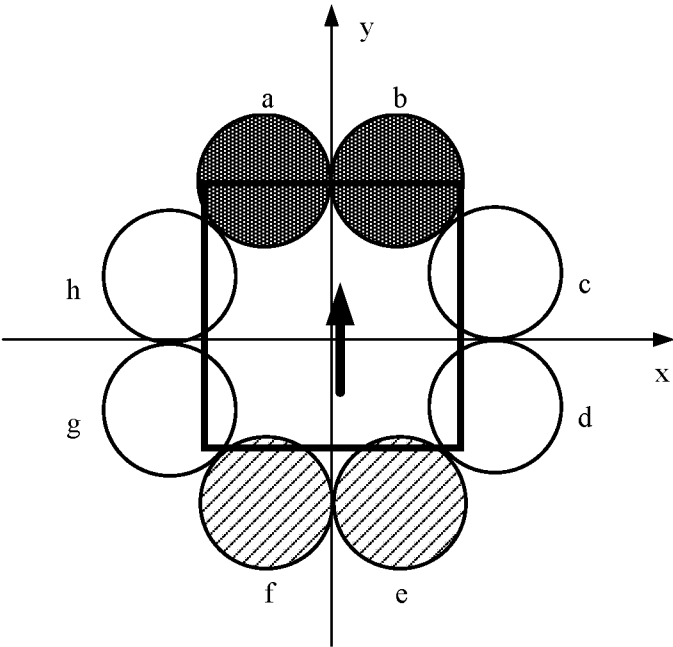


图 5

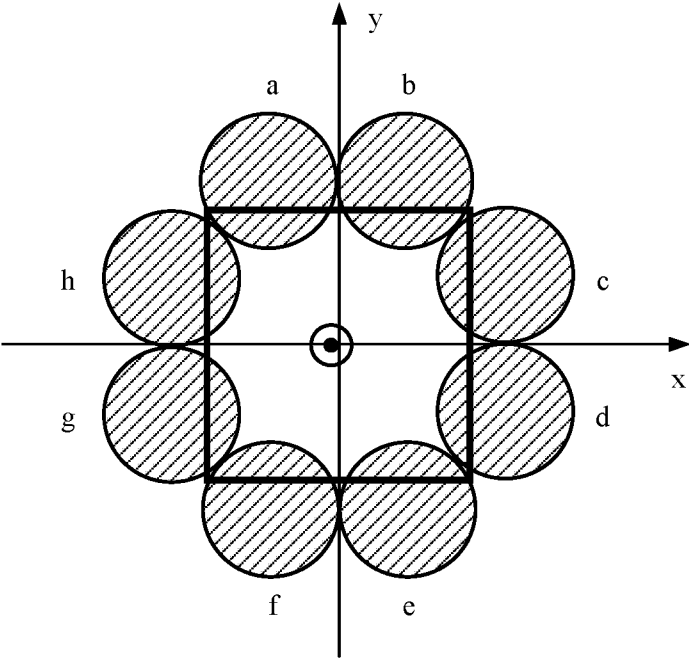


图 6

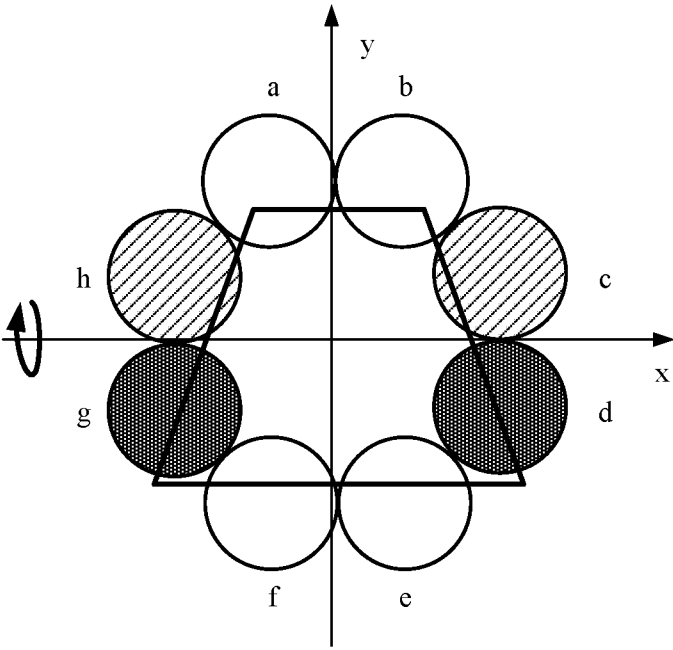


图 7

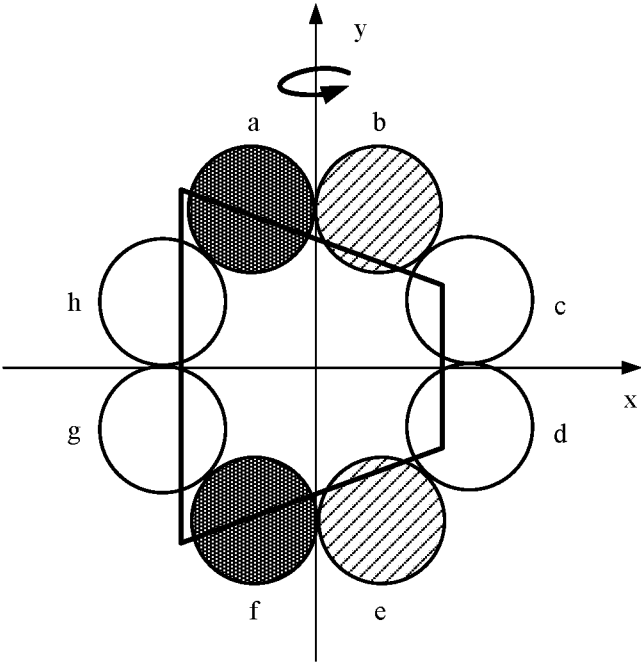


图 8

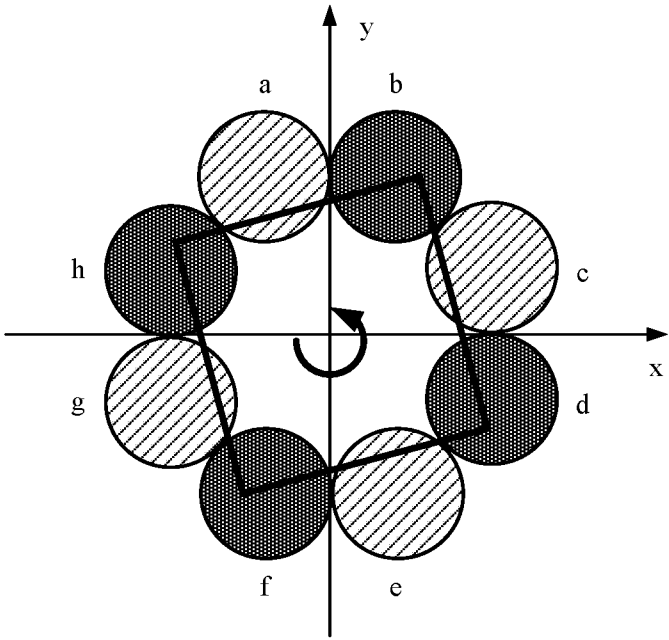


图 9

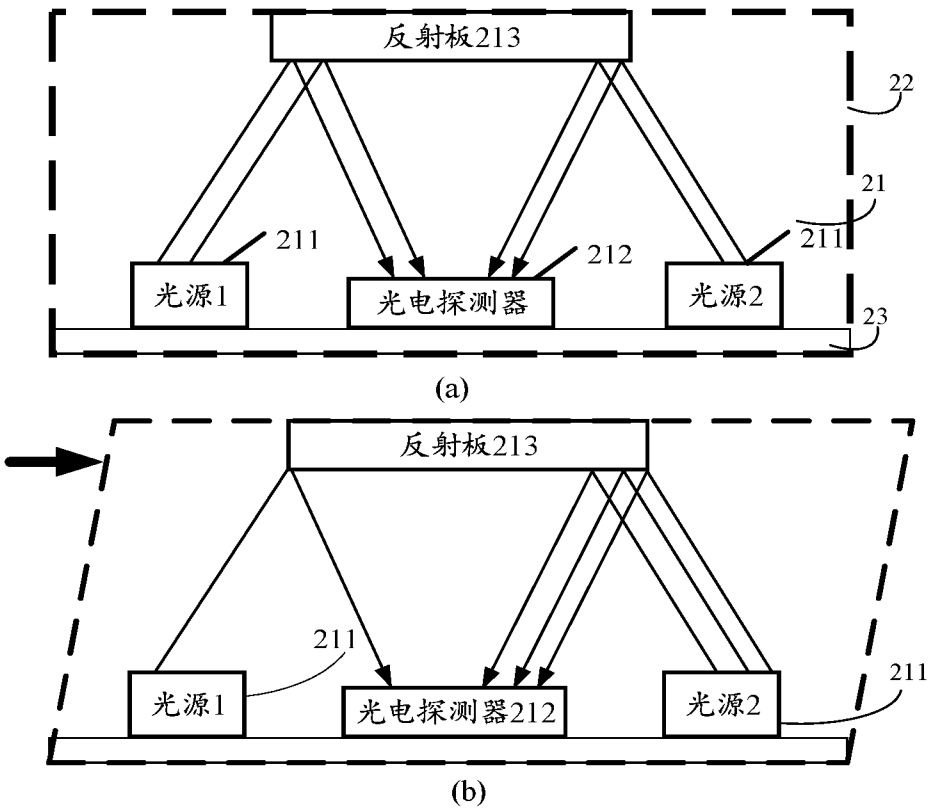


图 10

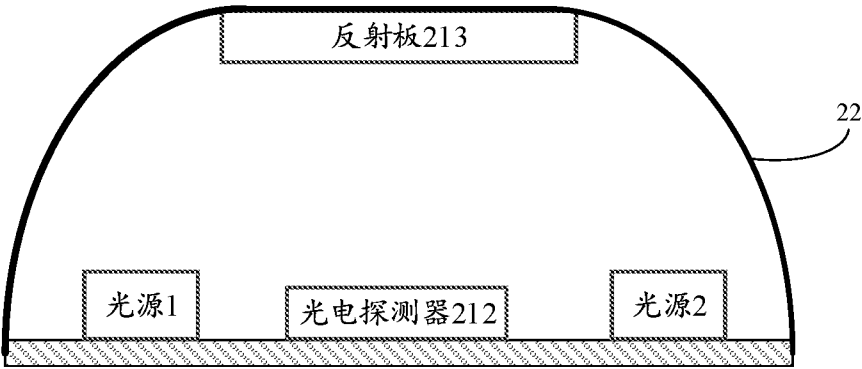


图 11

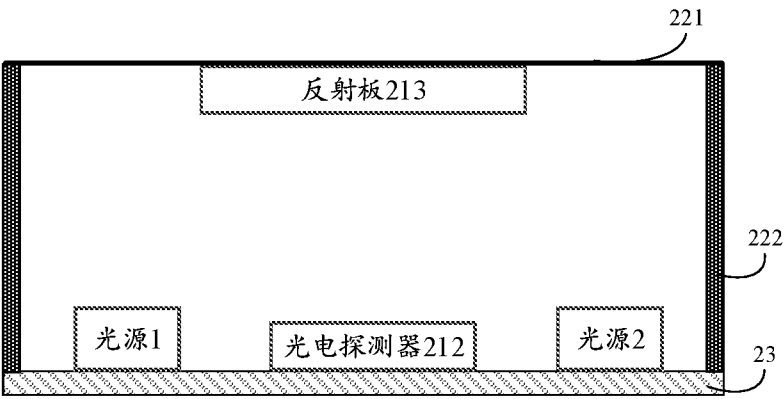


图 12

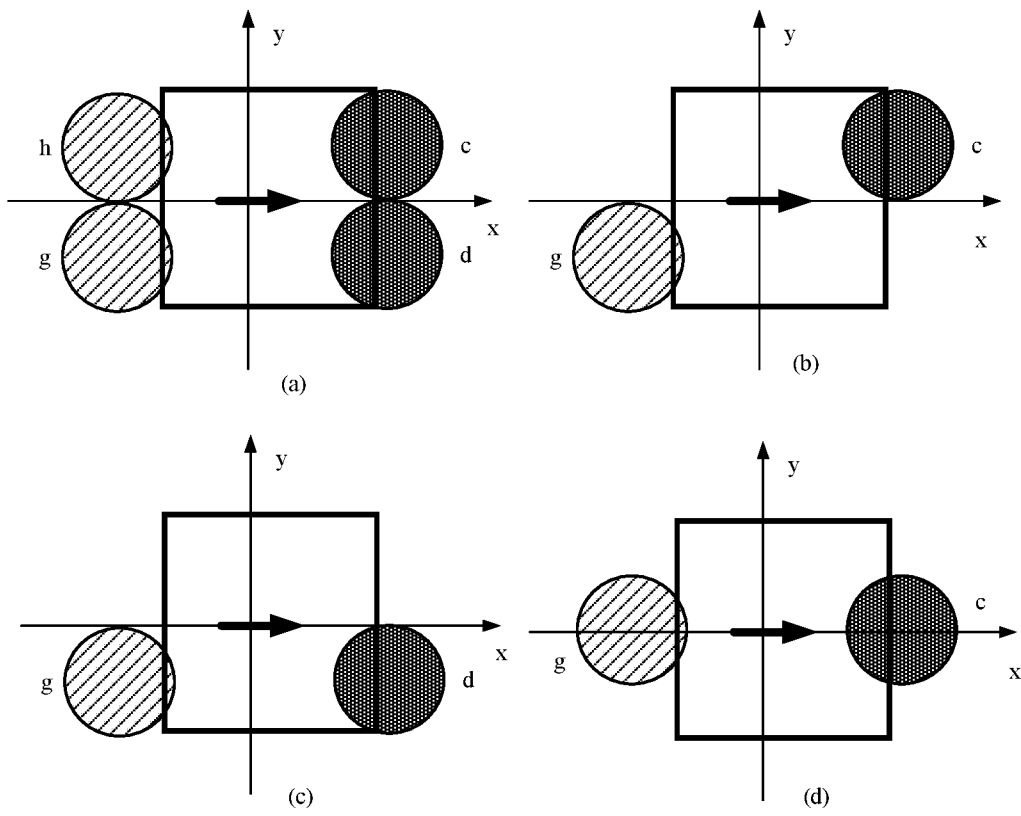


图 13

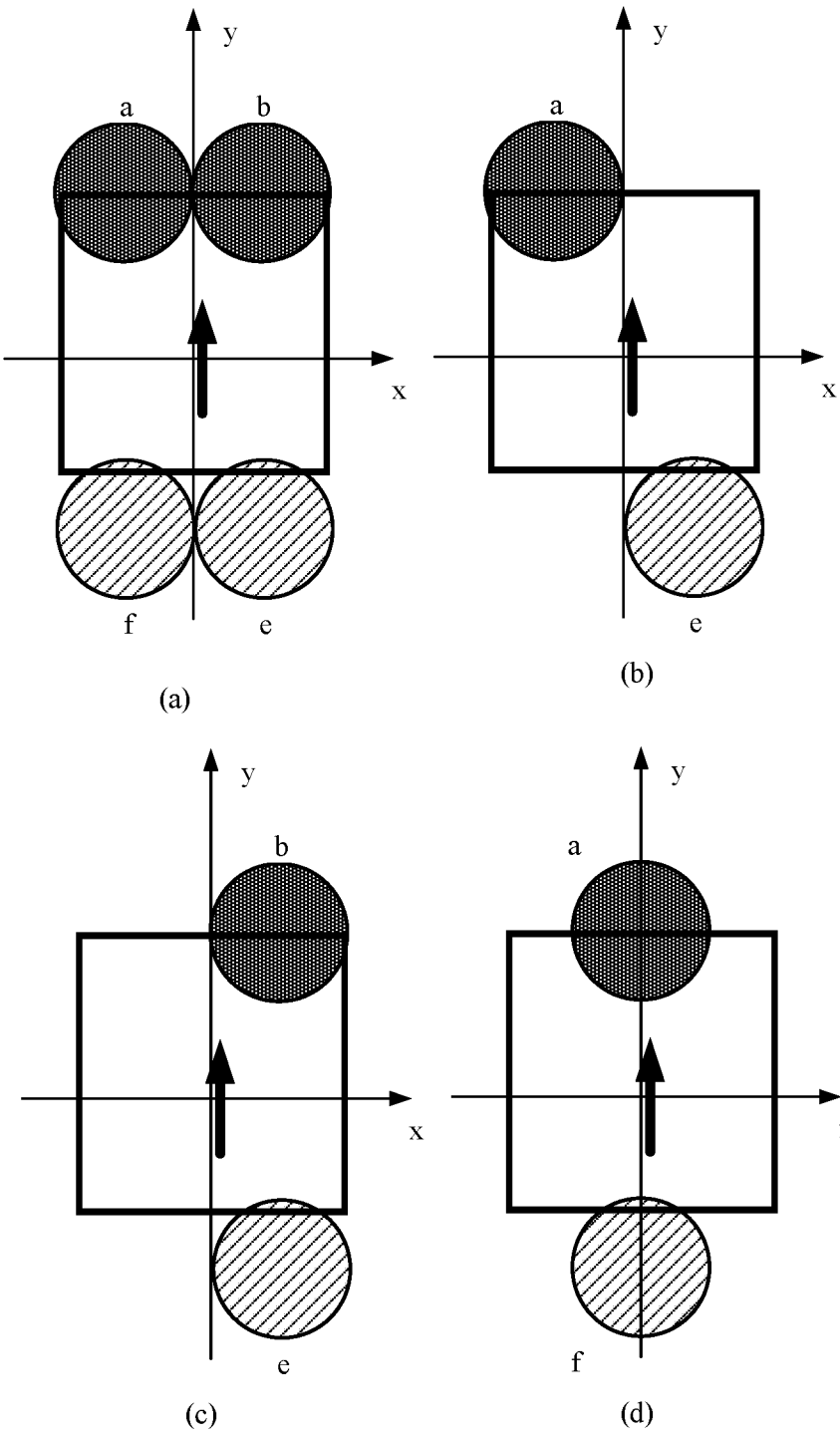


图 14

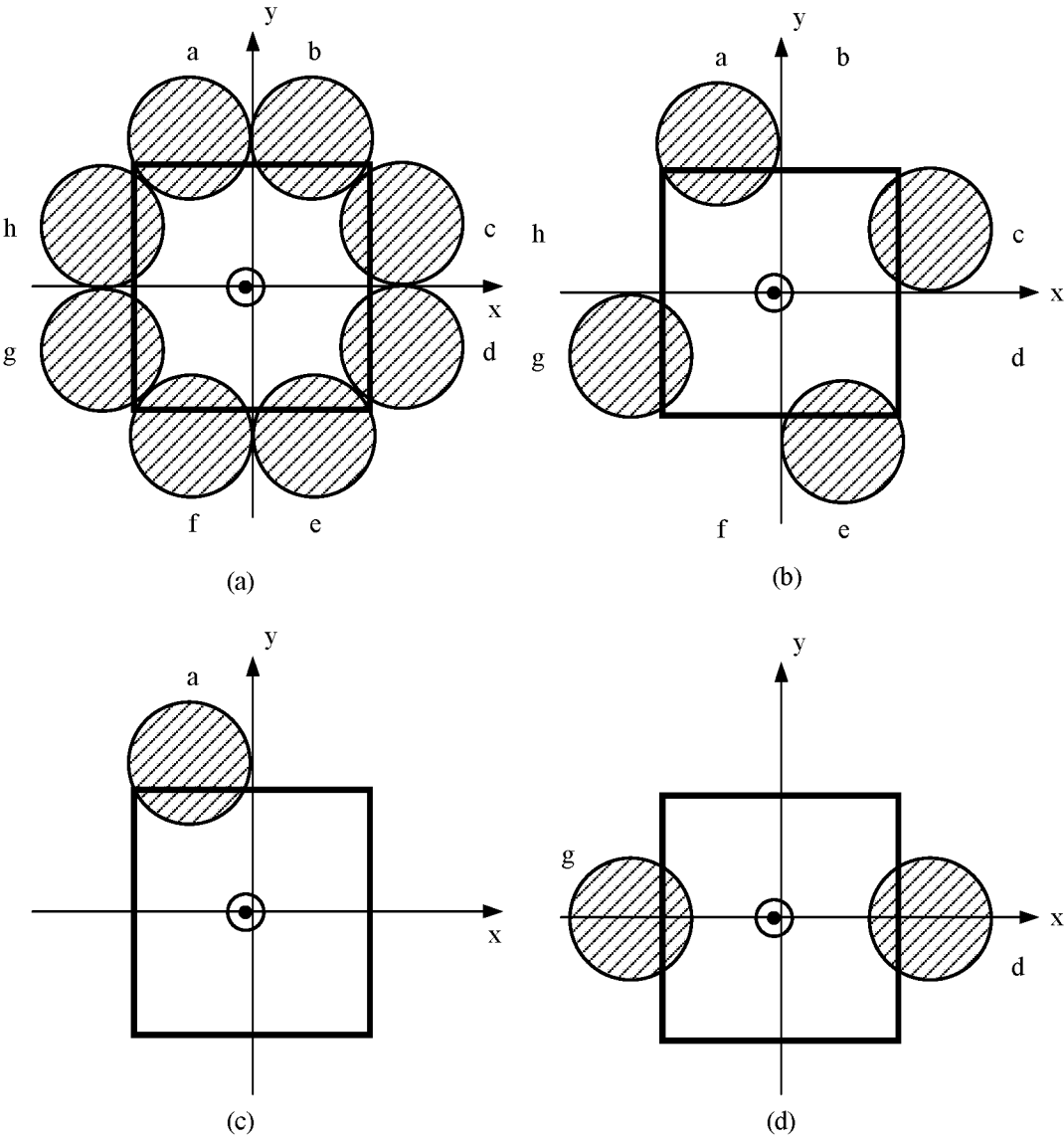


图 15

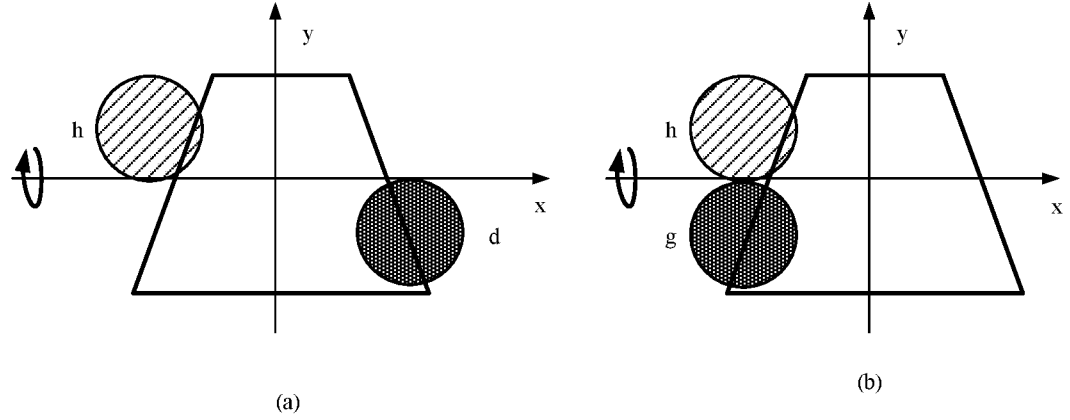


图 16

—10/14—

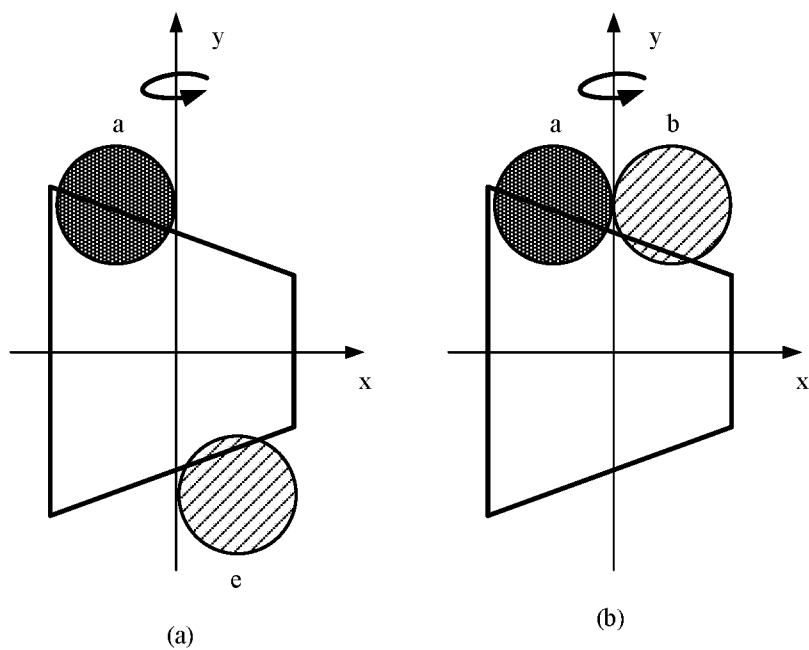


图 17

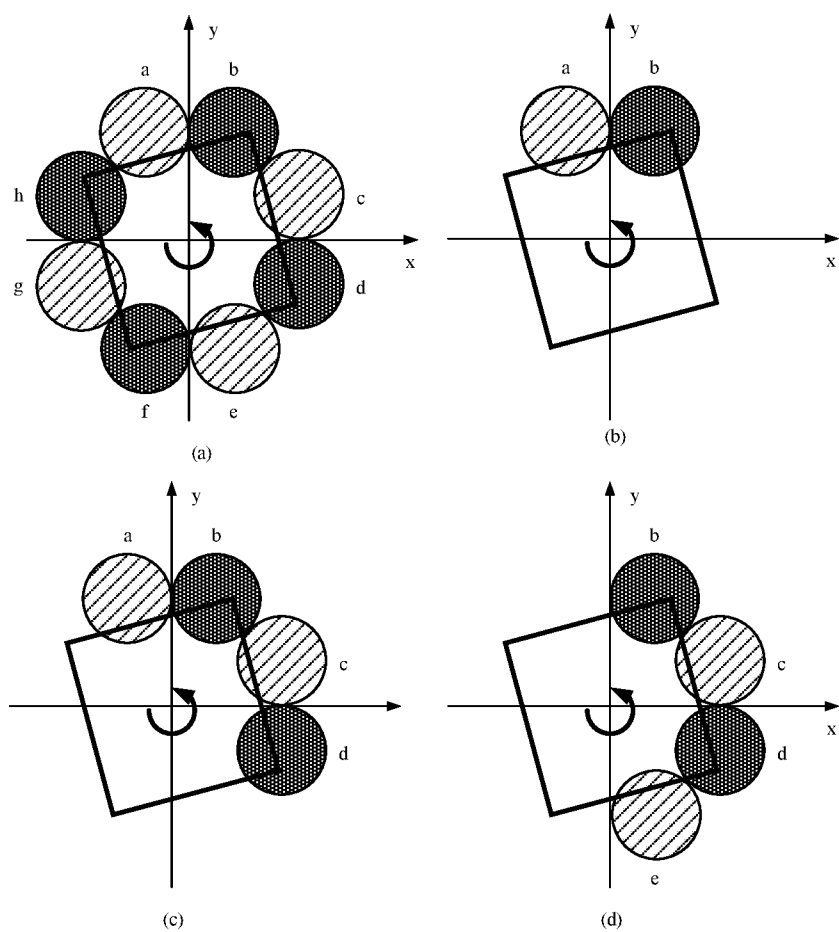


图 18

— 11/14 —

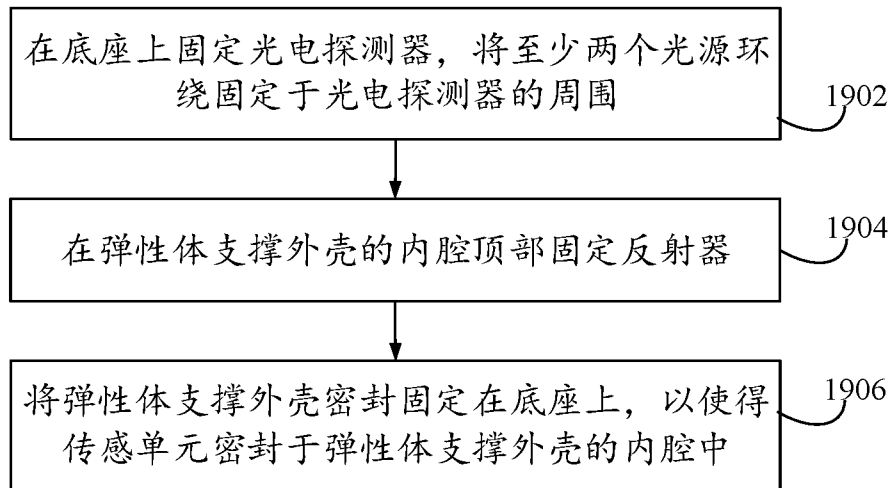


图 19

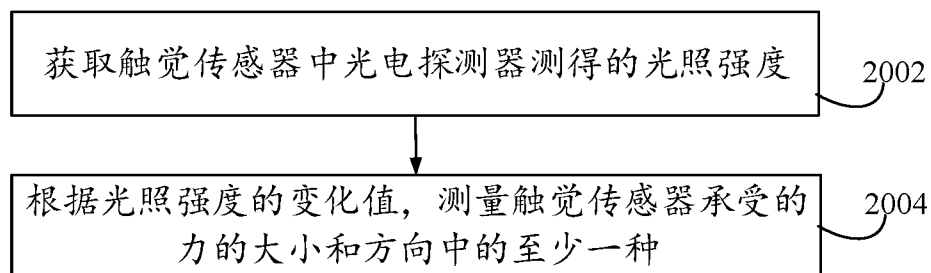


图 20

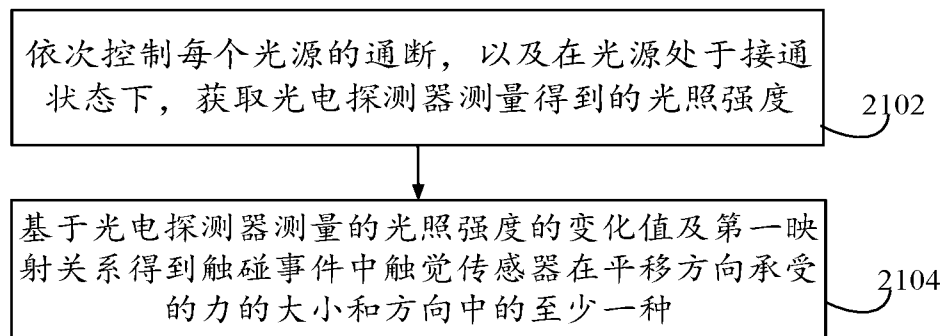


图 21

— 12/14 —

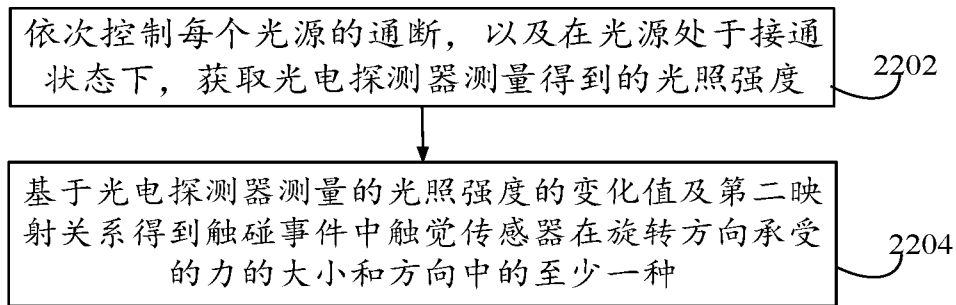


图 22

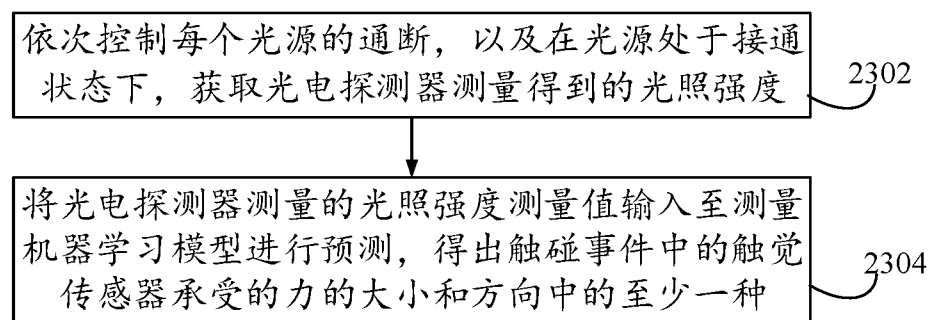


图 23

— 13/14 —

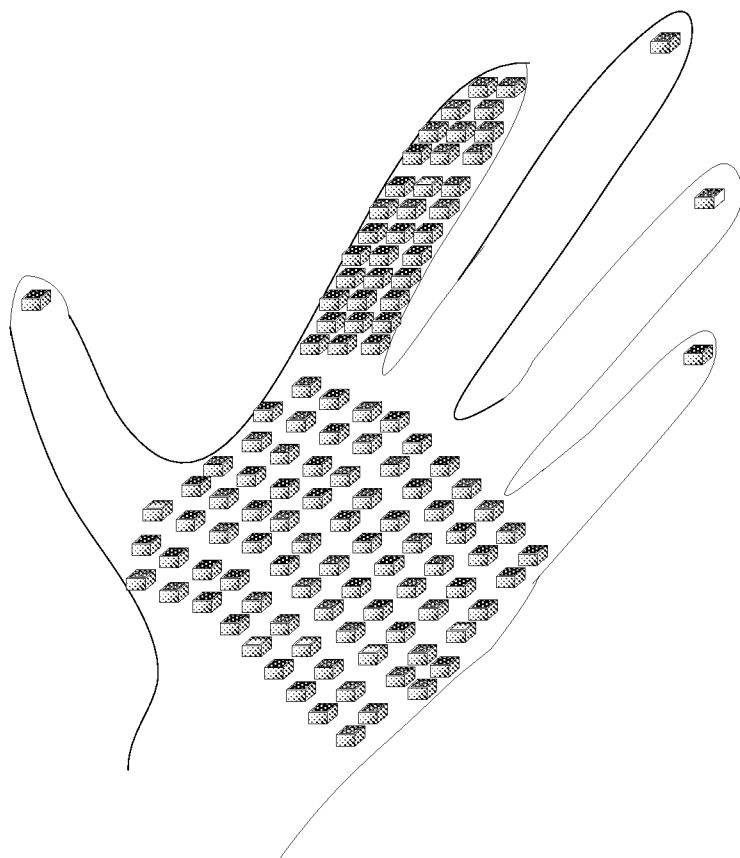


图 24

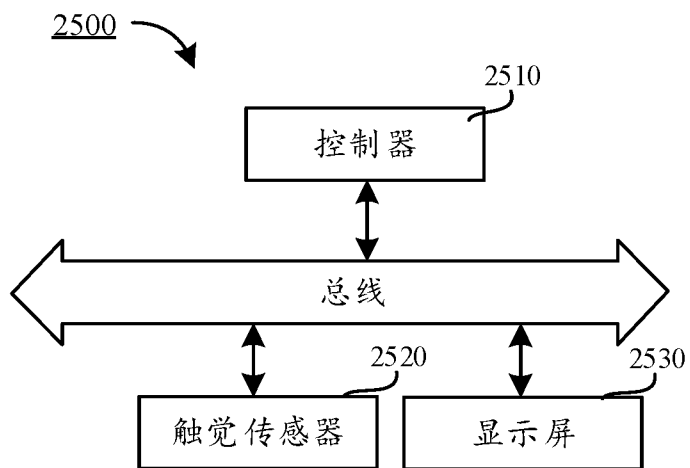


图 25

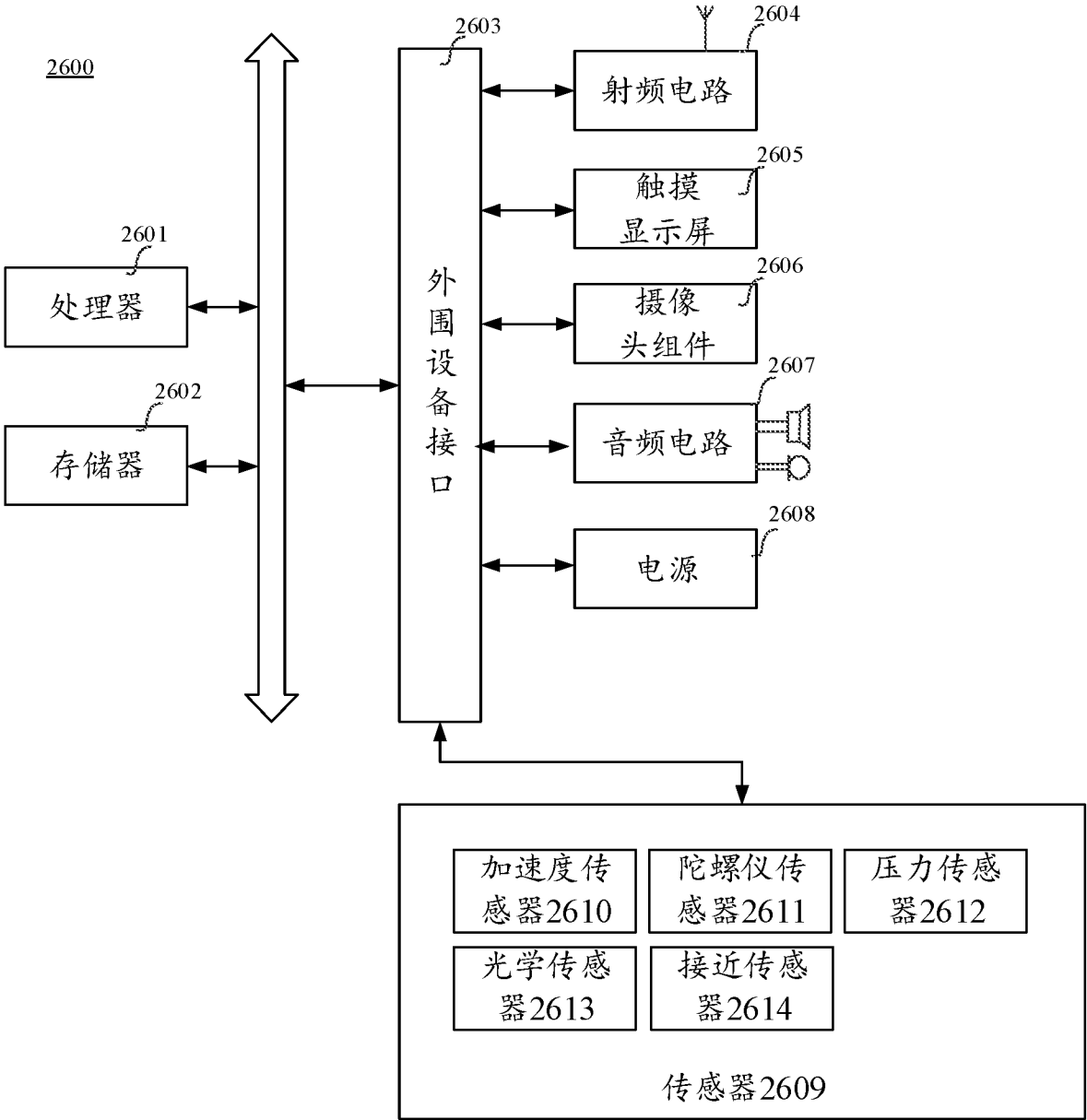


图 26

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/124575

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61F 2/10(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61F, G01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, EPODOC, WPI: 触觉, 触碰, 接触, 传感, 光源, 发光, LED, 感测, 探测, 感光, touch+, contact+, sensor, light, luminescence, sens+, detect+, photosensitive

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 108814769 A (BOE TECHNOLOGY GROUP CO., LTD.) 16 November 2018 (2018-11-16) description, paragraphs [0097]-[0205], and figures 1-7	1-29
A	CN 112105900 A (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 18 December 2020 (2020-12-18) entire document	1-29
A	CN 109724651 A (HUIBOTE (SHANGHAI) INTELLIGENT TECHNOLOGY CO., LTD.) 07 May 2019 (2019-05-07) entire document	1-29
A	CN 111661815 A (SHANGHAI NATLINEAR INTEGRATED CIRCUIT CO., LTD.) 15 September 2020 (2020-09-15) entire document	1-29
A	KR 102059593 B1 (KOREA INSTITUTE OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY) 11 February 2020 (2020-02-11) entire document	1-29
A	US 10481262 B1 (FACEBOOK TECHNOLOGIES, LLC.) 19 November 2019 (2019-11-19) entire document	1-29



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 December 2022

Date of mailing of the international search report

29 December 2022

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088, China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/124575

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2018106692 A1 (THE TRUSTEES OF COLUMBIA UNIVERSITY IN THE CITY OF NEW YORK) 19 April 2018 (2018-04-19) entire document	1-29

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2022/124575

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	108814769	A	16 November 2018	WO	2019205731	A1	31 October 2019
				US	2020281713	A1	10 September 2020
				CN	108814769	B	26 January 2021
				US	11129705	B2	28 September 2021
CN	112105900	A	18 December 2020	US	2021072101	A1	11 March 2021
				WO	2020017177	A1	23 January 2020
				JP	WO2020017177	A1	30 April 2021
				JP	6962474	B2	05 November 2021
				CN	112105900	B	03 June 2022
CN	109724651	A	07 May 2019	None			
CN	111661815	A	15 September 2020	CN	111661815	B	19 January 2021
KR	102059593	B1	11 February 2020	None			
US	10481262	B1	19 November 2019	US	10732280	B1	04 August 2020
US	2018106692	A1	19 April 2018	US	10663361	B2	26 May 2020

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2022/124575

A. 主题的分类 A61F 2/10(2006.01) i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类																										
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) A61F, G01D 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNPAT, CNKI, EPDOC, WPI: 触觉, 触碰, 接触, 传感, 光源, 发光, LED, 感测, 探测, 感光, touch+, contact+, sensor, light, luminescence, sens+, detect+, photosensitive																										
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 108814769 A (京东方科技集团股份有限公司) 2018年11月16日 (2018 - 11 - 16) 说明书第[0097]-[0205]段、图1-7</td> <td>1-29</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 112105900 A (株式会社村田制作所) 2020年12月18日 (2020 - 12 - 18) 全文</td> <td>1-29</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 109724651 A (慧伯特上海智能科技有限责任公司) 2019年5月7日 (2019 - 05 - 07) 全文</td> <td>1-29</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 111661815 A (上海南麟集成电路有限公司) 2020年9月15日 (2020 - 09 - 15) 全文</td> <td>1-29</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>KR 102059593 B1 (KOREA INST. IND. TECH.) 2020年2月11日 (2020 - 02 - 11) 全文</td> <td>1-29</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 10481262 B1 (FACEBOOK TECHNOLOGIES, L.L.C.) 2019年11月19日 (2019 - 11 - 19) 全文</td> <td>1-29</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2018106692 A1 (THE TRUSTEES OF COLUMBIA UNIVERSITY IN THE CITY OF NEW YORK) 2018年4月19日 (2018 - 04 - 19) 全文</td> <td>1-29</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 108814769 A (京东方科技集团股份有限公司) 2018年11月16日 (2018 - 11 - 16) 说明书第[0097]-[0205]段、图1-7	1-29	A	CN 112105900 A (株式会社村田制作所) 2020年12月18日 (2020 - 12 - 18) 全文	1-29	A	CN 109724651 A (慧伯特上海智能科技有限责任公司) 2019年5月7日 (2019 - 05 - 07) 全文	1-29	A	CN 111661815 A (上海南麟集成电路有限公司) 2020年9月15日 (2020 - 09 - 15) 全文	1-29	A	KR 102059593 B1 (KOREA INST. IND. TECH.) 2020年2月11日 (2020 - 02 - 11) 全文	1-29	A	US 10481262 B1 (FACEBOOK TECHNOLOGIES, L.L.C.) 2019年11月19日 (2019 - 11 - 19) 全文	1-29	A	US 2018106692 A1 (THE TRUSTEES OF COLUMBIA UNIVERSITY IN THE CITY OF NEW YORK) 2018年4月19日 (2018 - 04 - 19) 全文	1-29
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
X	CN 108814769 A (京东方科技集团股份有限公司) 2018年11月16日 (2018 - 11 - 16) 说明书第[0097]-[0205]段、图1-7	1-29																								
A	CN 112105900 A (株式会社村田制作所) 2020年12月18日 (2020 - 12 - 18) 全文	1-29																								
A	CN 109724651 A (慧伯特上海智能科技有限责任公司) 2019年5月7日 (2019 - 05 - 07) 全文	1-29																								
A	CN 111661815 A (上海南麟集成电路有限公司) 2020年9月15日 (2020 - 09 - 15) 全文	1-29																								
A	KR 102059593 B1 (KOREA INST. IND. TECH.) 2020年2月11日 (2020 - 02 - 11) 全文	1-29																								
A	US 10481262 B1 (FACEBOOK TECHNOLOGIES, L.L.C.) 2019年11月19日 (2019 - 11 - 19) 全文	1-29																								
A	US 2018106692 A1 (THE TRUSTEES OF COLUMBIA UNIVERSITY IN THE CITY OF NEW YORK) 2018年4月19日 (2018 - 04 - 19) 全文	1-29																								
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																										
<table border="0"> <tr> <td> * 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 </td> <td> “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件 </td> </tr> </table>			* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																						
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																									
国际检索实际完成的日期 2022年12月22日		国际检索报告邮寄日期 2022年12月29日																								
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		授权官员 马燕 电话号码 86-(10)-53962505																								

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/124575

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	108814769	A	2018年11月16日	WO	2019205731	A1	2019年10月31日
				US	2020281713	A1	2020年9月10日
				CN	108814769	B	2021年1月26日
				US	11129705	B2	2021年9月28日
CN	112105900	A	2020年12月18日	US	2021072101	A1	2021年3月11日
				WO	2020017177	A1	2020年1月23日
				JP	W02020017177	A1	2021年4月30日
				JP	6962474	B2	2021年11月5日
				CN	112105900	B	2022年6月3日
CN	109724651	A	2019年5月7日	无			
CN	111661815	A	2020年9月15日	CN	111661815	B	2021年1月19日
KR	102059593	B1	2020年2月11日	无			
US	10481262	B1	2019年11月19日	US	10732280	B1	2020年8月4日
US	2018106692	A1	2018年4月19日	US	10663361	B2	2020年5月26日