



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113361740 A

(43) 申请公布日 2021.09.07

(21) 申请号 202011045515.5

B25J 9/16 (2006.01)

(22) 申请日 2020.09.29

(30) 优先权数据

62/985,336 2020.03.05 US

16/929,854 2020.07.15 US

(71) 申请人 牧今科技

地址 日本东京

(72) 发明人 叶旭涛 村瀬和都

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所

有限公司 11038

代理人 周衡威

(51) Int.Cl.

G06Q 10/04 (2012.01)

G06Q 10/08 (2012.01)

G06K 9/00 (2006.01)

权利要求书3页 说明书24页 附图30页

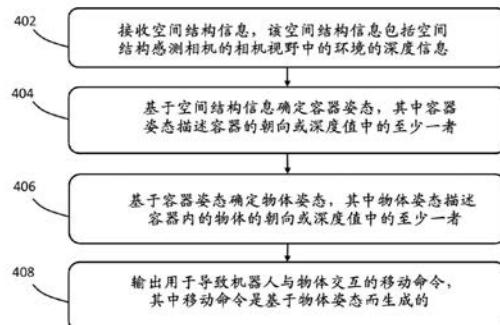
(54) 发明名称

用于执行容器检测和物体检测的方法和计算系统

(57) 摘要

公开了用于执行容器检测和物体检测的方法和计算系统。提出了一种用于执行物体检测的系统和方法。该系统接收与处于或已经处于空间结构感测相机的相机视野中物体相关联的空间结构信息。空间结构信息由空间结构感测相机生成，并且包括相机视野中的环境的深度信息。该系统基于空间结构信息确定容器姿态，其中该容器姿态用于描述容器的朝向或容器的至少一部分的深度值中的至少一者。该系统还基于容器姿态来确定物体姿态，其中该物体姿态用于描述物体的朝向或物体的至少一部分的深度值中的至少一者。

400



1. 一种计算系统,包括:

通信接口,被配置为与具有机械臂的机器人通信,所述机械臂具有部署在所述机械臂上的空间结构感测相机,其中所述空间结构感测相机具有相机视野;

至少一个处理电路,被配置为当容器内的物体在所述容器处于打开的位置时处于或已经处于所述相机视野中时执行以下操作:

接收包括所述相机视野中的环境的深度信息的空间结构信息,其中所述空间结构信息是由所述空间结构感测相机生成的;

基于所述空间结构信息确定容器姿态,其中所述容器姿态用于描述所述容器的朝向或所述容器的至少一部分的深度值中的至少一者;

基于所述容器姿态来确定物体姿态,其中所述物体姿态用于描述所述物体的朝向或所述物体的至少一部分的深度值中的至少一者;

输出用于导致机器人与所述物体交互的移动命令,其中所述移动命令是基于所述物体姿态生成的。

2. 如权利要求1所述的计算系统,其中所述至少一个处理电路被配置为将所述容器姿态确定为用于描述以下各项中的至少一者的容器表面姿态:所述物体被部署在其上的容器表面的朝向,或所述容器表面上的至少一个位置的深度值。

3. 如权利要求2所述的计算系统,其中当所述容器是具有从所述容器表面偏移的容器边框的抽屉时,所述至少一个处理电路被配置为确定用于描述以下各项中的至少一者的容器边框姿态:所述容器边框的朝向或所述容器边框上的至少一个位置的深度值,其中所述容器边框姿态是基于所述空间结构信息而确定的,并且

其中所述容器表面姿态是基于所述容器边框姿态以及基于所述容器边框与所述容器表面之间的既定距离而确定的。

4. 如权利要求3所述的计算系统,其中所述至少一个处理电路被配置为:

接收与所述物体相关联的容器段标识符,其中所述容器段标识符用于标识所述容器表面的段,以及

确定与所述容器段标识符关联的位置,其中所述确定是基于所述容器表面姿态的。

5. 如权利要求3所述的计算系统,其中所述至少一个处理电路被配置为确定避免碰撞事件的物体移动路径,其中所述碰撞事件表示所述物体与形成所述容器边框的容器边界之间的碰撞,并且其中所述移动命令是基于所述物体移动路径而生成的。

6. 如权利要求1所述的计算系统,其中,当物体标识符被部署在所述物体上时,所述至少一个处理电路被配置为:

确定用于描述所述物体标识符的2D位置的物体标识符位置;以及

基于所述物体标识符位置和所述空间结构信息,确定一组一个或多个物体位置的集合,所述一组一个或多个物体位置是表示所述物体的一个或多个位置,

其中,所述移动命令是基于所述一组一个或多个物体位置而生成的。

7. 如权利要求6所述的计算系统,其中所述至少一个处理电路被配置为确定围绕所述物体标识符位置的区域,以及通过搜索所述空间结构信息的一部分来确定所述一组一个或多个物体位置,所述空间结构信息的所述一部分对应于所确定的围绕所述物体标识符位置的区域。

8. 如权利要求7所述的计算系统,其中所述空间结构信息包括表示从所述相机视野中的所述环境感测到的一个或多个表面上的多个位置的点云,其中,从其搜索所述一组一个或多个物体位置的所述空间结构信息的所述一部分包括所述多个位置位于所确定的围绕所述物体标识符位置的区域内的子集。

9. 如权利要求6所述的计算系统,其中所述至少一个处理电路被配置为:

确定至少一个2D物体标识符坐标,所述至少一个2D物体标识符坐标是用于表示所述物体标识符的位置的2D坐标;以及

基于所述2D物体标识符坐标,至少确定一组一个或多个2D物体坐标,其中所述一个或多个2D物体坐标是用于表示所述一个或多个物体位置的一个或多个相应的2D坐标,其中所述移动命令是基于所述一组一个或多个2D物体坐标以及基于所述物体的朝向和深度值而生成的。

10. 如权利要求6所述的计算系统,其中所述至少一个处理电路被配置为基于编码在所述物体标识符中的信息来确定物体大小,其中所述一个或多个物体位置表示所述物体的边界并且是基于所述物体大小而确定的。

11. 如权利要求6所述的计算系统,其中所述至少一个处理电路被配置为接收与所述物体相关联的物体标识信息,以及确定编码在所述物体标识符中的信息是否与所述物体标识信息匹配。

12. 如权利要求6所述的计算系统,其中,当物体标识符感测设备被部署在所述机械臂上时,所述至少一个处理电路被配置为基于由所述物体标识符感测设备感测到的信息来确定所述物体标识符位置。

13. 如权利要求12所述的计算系统,其中所述移动命令是用于使所述机器人移动所述物体的物体移动命令,

其中所述至少一个处理电路被配置为输出传感器移动命令以使所述机械臂将所述物体标识符感测设备移动到与所述容器的既定接近度内,

其中所述物体标识符位置是在输出所述传感器移动命令之后确定的。

14. 如权利要求13所述的计算系统,其中,所述传感器移动命令还用于使所述机械臂将所述空间结构感测相机移动到与所述容器的所述既定接近度内,

其中所述空间结构信息是当所述空间结构感测相机位于与所述容器的所述既定接近度内时生成的,并且表示所述物体被部署在其上的容器表面的一部分。

15. 如权利要求13所述的计算系统,其中,当所述容器处于关闭位置并包括手柄时,所述至少一个处理电路被配置为:

接收用于描述所述容器的外表面上的位置的附加空间结构信息,

基于所述附加空间结构信息,确定用于表示所述手柄的一个或多个手柄位置,以及

输出用于使所述机械臂将所述容器从所述关闭位置移动到所述打开的位置的容器移动命令,其中所述容器移动命令是基于所述一个或多个手柄位置而生成的,并且其中所述传感器移动命令和所述物体移动命令是在所述容器移动命令之后输出的。

16. 一种具有指令的非暂时性计算机可读介质,所述指令当由计算系统的至少一个处理电路执行时,使所述至少一个处理电路:

接收空间结构信息,其中所述计算系统被配置为与具有机械臂的机器人通信,所述机

械臂具有部署在所述机械臂上的具有相机视野的空间结构感测相机,其中所述空间结构信息是由所述空间结构感测相机生成的,其中所述空间结构信息包括所述相机视野中的环境的深度信息,并且是当容器内的物体在所述容器处于打开的位置时处于或已经处于所述相机视野中时生成的;

基于所述空间结构信息确定容器姿态,其中所述容器姿态用于描述所述容器的朝向或所述容器的至少一部分的深度值中的至少一者;

基于所述容器姿态来确定物体姿态,其中所述物体姿态用于描述所述物体的朝向或所述物体的至少一部分的深度值中的至少一者;以及

输出用于导致机器人与所述物体交互的移动命令,其中所述移动命令是基于所述物体姿态而生成的。

17. 如权利要求16所述的非暂时性计算机可读介质,其中,当所述指令由所述至少一个处理电路执行时,使所述至少一个处理电路将所述容器姿态确定为用于描述以下各项中的至少一者的容器表面姿态:所述物体被部署在其上的容器表面的朝向,或所述容器表面上的至少一个位置的深度值。

18. 如权利要求17所述的非暂时性计算机可读介质,其中,所述指令当由所述至少一个处理电路执行时,以及当所述容器是具有从所述容器表面偏移的容器边框的抽屉时,使得所述至少一个处理电路确定用于描述以下各项中的至少一者的容器边框姿态:所述容器边框的朝向或所述容器边框上的至少一个位置的深度值,其中所述容器边框姿态是基于所述空间结构信息而确定的,以及

其中所述容器表面姿态是基于所述容器边框姿态以及基于所述容器边框与所述容器表面之间的既定距离而确定的。

19. 一种用于物体检测的方法,包括:

通过计算系统接收空间结构信息,其中所述计算系统被配置为与具有机械臂的机器人通信,所述机械臂具有部署在所述机械臂上的具有相机视野的空间结构感测相机,其中所述空间结构信息是由所述空间结构感测相机生成的,其中所述空间结构信息包括所述相机视野中的环境的深度信息,并且是当容器内的物体在所述容器处于打开的位置时处于或已经处于所述相机视野中时生成的;

基于所述空间结构信息确定容器姿态,其中所述容器姿态用于描述所述容器的朝向或所述容器的至少一部分的深度值中的至少一者;

基于所述容器姿态来确定物体姿态,其中所述物体姿态用于描述所述物体的朝向或所述物体的至少一部分的深度值中的至少一者;以及

输出用于导致机器人与所述物体交互的移动命令,其中所述移动命令是基于所述物体姿态而生成的。

20. 如权利要求19所述的方法,其中,确定所述容器姿态包括确定用于描述以下各项中的至少一者的容器表面姿态:所述物体被部署在其上的容器表面的朝向,或所述容器表面上的至少一个位置的深度值。

## 用于执行容器检测和物体检测的方法和计算系统

[0001] 对相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2020年3月5日提交的题为“A ROBOTIC SYSTEM WITH OBJECT RECOGNITION MECHANISM”的第62/985,336号美国临时申请的权益，该美国临时申请的全部内容以引用的方式并入本文中。

### 技术领域

[0003] 本公开涉及用于容器检测和物体检测的计算系统和方法。

### 背景技术

[0004] 随着自动化变得更加普遍，机器人正在更多环境中使用，诸如在仓储和零售环境中。例如，机器人可以被用于与仓库中的商品或其他物体进行交互。机器人的移动可以是固定的，或者可以基于输入（诸如由仓库中的传感器生成的信息）。

### 发明内容

[0005] 本公开的一个方面涉及一种用于执行物体检测的具有指令的计算系统、方法和/或非暂时性计算机可读介质。该计算系统可以包括通信接口，该通信接口被配置为与具有机械臂的机器人通信，该机械臂具有部署在该机械臂上的空间结构感测相机，其中该空间结构感测相机具有相机视野。至少一个处理电路可以被配置为在容器处于打开的位置时在容器内的物体处于或已经处于相机视野中时执行该方法。该方法可以涉及接收包括相机视野中的环境的深度信息的空间结构信息，其中空间结构信息由空间结构感测相机生成；以及基于空间结构信息确定容器姿态，其中容器姿态用于描述容器的朝向或容器的至少一部分的深度值中的至少一者。该方法还可以涉及基于容器姿态来确定物体姿态，其中物体姿态用于描述物体的朝向或物体的至少一部分的深度值中的至少一者；并输出用于导致机器人与物体交互的移动命令，其中移动命令是基于物体姿态而生成的。

### 附图说明

[0006] 图1A至图1E示出了与本发明的实施例一致的被配置用于接收和处理空间结构信息和/或感测到的物体标识符信息的计算系统。

[0007] 图2A至图2C提供了示出与本发明的实施例一致的被配置用于接收和处理空间结构信息和/或感测到的物体标识符信息的计算系统的框图。

[0008] 图3A至图3D示出了根据本发明的实施例具有多个容器（例如，抽屉）和用于基于由空间结构感测相机生成的空间结构信息与容器进行交互的机器人的环境。

[0009] 图4提供了根据本发明的实施例的示出确定关于部署在容器内的物体的信息的方法的流程图。

[0010] 图5A至5C示出了根据本发明的实施例的容器和容器内的物体。

[0011] 图6A至图6C示出了根据本发明的实施例的描述容器或部署在容器内的物体的空

间结构信息。

[0012] 图6D示出了根据本发明的实施例的容器和部署在容器内的物体。

[0013] 图6E示出了根据本发明的实施例的描述容器或部署在容器内的物体的空间结构信息。

[0014] 图6F示出了根据本发明的实施例的容器表面与容器边框 (rim) 之间的关系。

[0015] 图7A描绘了根据本发明的实施例的具有空间结构感测相机和物体标识符感测设备(或更具体地,条形码感测设备)两者的环境。

[0016] 图7B和7C示出了根据本发明的实施例的确定条形码位置正被用于确定一个或多个物体位置。

[0017] 图8示出了根据本发明的实施例的与物体相邻的条形码正被用于确定该物体的位置。

[0018] 图9示出了根据本发明的实施例的仅覆盖容器的一部分的空间结构信息和/或感测到的物体标识符信息(或更具体地,感测到的条形码信息)。

[0019] 图10示出了根据本发明的实施例的将容器的不同区域与不同段 (segment) 相关联的分割。

[0020] 图11A至图11C示出了根据本发明的实施例的容器正被从处于关闭位置移动到处于打开的位置。

## 具体实施方式

[0021] 本公开的一个方面涉及促进机器人与抽屉或其他容器的内容(诸如部署在容器内的商品或任何其他物体)的交互(术语“或”在本文中可以被用于指代“和/或”)。机器人交互可以包括例如机械手抓取或以其他方式拾取部署在容器内的物体。机器人交互可以发生在例如仓库、零售空间或任何其他环境处。在一些情况下,促进机器人交互涉及确定容器内物体的姿态,其中姿态可以是指物体相对于相机或某个其他参考点的朝向或深度中的至少一者,使得机械手可以被适当地移动以收回或以其他方式拾取物体。

[0022] 各种实施例涉及通过执行打开容器检测(open container detection)来确定物体的姿态(也被称为物体姿态),其中关于打开的容器的信息被确定,其中物体可以被部署在容器内。这些实施例可以提供一种确定物体姿态的方式,该方式例如对成像噪声或其他测量误差源具有更强的鲁棒性和容忍性。成像噪声可影响例如用于测量物体的点云或其他空间结构信息。引入到点云中的测量误差可能导致例如对物体的朝向和/或深度的错误确定。在一些情况下,即使是几毫米或几度的误差也可能影响机器人交互,在一些情况下,机器人交互可能依赖于关于确定机械手和物体之间的相对位置的毫米级或更佳的精度。因为物体的测量误差可能会阻止或阻碍这样的精度,所以本公开的一方面涉及使用关于物体被部署在其中的容器的测量,以及使用这样的测量来推断或以其他方式确定关于物体的姿态或其他信息。

[0023] 在一些情况下,成像噪声还可能影响对容器的一部分的直接测量,诸如物体被部署在其上的表面(该表面也被称为容器表面)。本公开的一个方面涉及通过对容器的另一部分(例如容器的边框(也被称为容器边框))进行测量来补偿影响容器表面的测量误差。在这些情况下,容器边框可能会占据受成像噪声影响较小的空间,并且因此可能会产生更可靠

或值得信赖的测量。关于容器边框的测量可以被用于推断或以其他方式确定关于容器表面的姿态或其他信息。这样的确定可以基于例如将容器表面和容器边框分开的已知间隔。

[0024] 在一些情况下,关于容器所做的测量可以被用于执行运动计划,诸如从容器取回物体所涉及的运动计划。例如,关于容器边框的测量可以提供关于容器的侧壁位于何处的信息。当机器人从容器取回物体时,物体移动路径可以被计划,以避免容器的侧壁与机器人或物体之间的碰撞。在一些情况下,关于容器的测量可以被用于将容器虚拟地分成不同的段,如下面更详细地讨论的。

[0025] 在一些情况下,促进机器人与物体的交互可以依赖于使用关于部署在物体上的物体标识符(如果有的话)的信息。物体标识符可以包括视觉标记,诸如条形码、徽标或符号(例如,字母数字符号),或者标识物体的其他视觉图案。在一些情况下,物体标识符可以被印刷在物体的表面上。在一些情况下,物体标识符可以被印刷在被粘贴在物体上或以其他方式部署在物体上的贴纸或其他材料层上。如果物体是容纳一个或多个物品的盒子,则物体标识符可以标识该一个或多个物品,或更一般地,标识盒子的内容。被用于促进机器人交互的关于物体标识符的信息可以包括例如物体标识符的位置(也被称为物体标识符位置)或编码到物体标识符的信息,诸如编码到条形码的信息。在一些情况下,物体标识符位置可以被用于缩减应当被搜索以检测特定物体的点云或其他空间结构信息的那一部分。例如,如果物体标识符是条形码位置,则这样的搜索可以限于点云的对应于围绕条形码位置的区域的一部分。这样的实施例可以促进更集中和有效地搜索物体。在一些情况下,如果物体大小被编码到条形码或其他物体标识符中,则该信息可以被用于从点云或其他空间结构信息中搜索该物体,或计划机器人可以如何抓取或以其它方式与机器人交互。

[0026] 图1A示出了用于处理用于物体检测的空间结构信息的系统100,如下面更详细地讨论的。在图1A的实施例中,系统100可以包括计算系统101和空间结构感测相机151(也被称为空间结构感测设备151)。在此示例中,空间结构感测相机151可以被配置为生成空间结构信息(也被称为空间信息或空间结构数据),该空间结构信息包括关于空间结构感测相机151所位于的环境的深度信息,或者更具体地,关于相机151的视野(也称为相机视野)中的环境的深度信息。图1A中的计算系统101可以被配置为接收和处理空间结构信息。例如,计算系统101可以被配置为使用空间结构信息中的深度信息来区分相机视野中的不同结构,或更一般地,标识相机视野中的一个或多个结构。在此示例中,深度信息可以被用于确定对该一个或多个结构在三维(3D)空间中如何被空间地布置的估计。

[0027] 在一个示例中,空间结构感测相机151可以位于仓库、零售空间(例如,商店)或其他场所中。在这样的示例中,仓库或零售空间可以包括各种商品或其他物体。空间结构感测相机151可以被用于感测关于物体和/或关于包含物体的结构(诸如抽屉或其他类型的容器)的信息。如上所述,空间结构感测相机151可以被配置为生成空间结构信息,该空间结构信息可以描述例如一件商品的结构和/或容器的结构如何在3D空间中布置。在这样的示例中,计算系统101可以被配置为从空间结构感测相机151接收并处理空间结构信息。计算系统101可以位于相同的场所,或者可以位于远程。例如,计算系统101可以是托管在远离仓库或零售空间的数据中心中的云计算平台的一部分,并且可以经由网络连接与空间结构感测相机151进行通信。

[0028] 在实施例中,系统100可以是用于与空间结构感测相机151的环境中的各种物体进

行交互的机器人操作系统。例如,图1B示出了机器人操作系统100A,其可以是图1A的系统100的实施例。机器人操作系统100A可以包括计算系统101、空间结构感测相机151和机器人161。在实施例中,机器人161可以被用于与空间结构感测相机151的环境中的一个或多个物体进行交互,诸如与仓库中的商品或其他物体进行交互。例如,机器人161可以被配置为从抽屉或其他容器中拾取商品,并且将商品从容器移动到另一个位置(例如,抽屉外部的传送带)。

[0029] 在实施例中,图1A和图1B的计算系统101可以形成机器人控制系统(也被称为机器人控制器)或是其一部分,其是机器人操作系统100A的一部分。机器人控制系统可以是被配置为例如为机器人161生成移动命令或其他命令的系统。在这样的实施例中,计算系统101可以被配置为基于例如由空间结构感测相机151生成的空间结构信息来生成这样的命令。在实施例中,计算系统101可以形成视觉系统或是其一部分。视觉系统可以是生成例如视觉信息的系统,该视觉信息描述了机器人161所位于的环境,或更具体地,描述了空间结构感测相机151所位于的环境。视觉信息可以包括空间结构信息,该空间结构信息也可以被称为3D信息或3D成像信息,因为它可以指示结构如何在3D空间中被布局或如何以其他方式布置。在一些情况下,机器人161可以包括具有形成机械臂的一端的机械手或其他末端执行器的机械臂,并且空间结构信息可以被计算系统101用来控制机械臂的放置。在一些情况下,如果计算系统101形成视觉系统,则视觉系统可以是上述机器人控制系统的一部分,或者可以与机器人控制系统分开。如果视觉系统是与机器人控制系统分开的,则视觉系统可以被配置为输出关于机器人161所位于的环境的信息。在这样的示例中的机器人控制系统可以接收这样的信息,并且基于该信息来控制机器人161的移动。

[0030] 在实施例中,系统100可以包括物体标识符感测设备152,诸如条形码感测设备(也被称为条形码读取器)。更具体地,图1C描绘了系统100B(其是系统100/100A的实施例),该系统100B包括计算系统101、空间结构感测相机151、机器人161,并且还包括物体标识符感测设备152。在一些情况下,物体标识符感测设备152可以被配置为检测被部署在物体上或部署在物体附近的物体标识符。如上所述,物体标识符可以是标识物体的视觉标记。如果物体是用于容纳商品或某个其他物品的盒子或其他物体,则在实施例中,物体标识符可以标识盒子的物品或其他内容。还如上所述,在一些示例中,物体标识符可以是条形码。在一些情况下,条形码可以具有空间图案,诸如一系列深色条纹或深色正方形阵列(例如,QR码),或者在物体标识符感测设备152(例如,条形码感测设备)的视野中的任何其他条形码。例如,条形码可以被部署在仓库中的一件商品或其他物体上。物体标识符感测设备152可以被配置为感测关于物体标识符的信息。此信息(其也可以被称为感测到的物体标识符信息)可以包括编码到物体标识符中的信息、物体标识符的位置(也被称为物体标识符位置)或关于物体标识符的任何其他信息。如果物体标识符是条形码,则编码到条形码中的信息可以包括例如库存单位(SKU)代码或通用产品代码(UPC)。

[0031] 在实施例中,物体标识符感测设备152和/或空间结构感测相机151可以被附接到固定的安装点,诸如在仓库或零售空间内固定的安装点。在实施例中,空间结构感测相机151和/或物体标识符感测设备152可以被附接到机器人161的机械臂。在更具体的示例中,物体标识符感测设备152和/或空间结构感测相机151可以被附接到形成机械臂的一端的机械手或其他末端执行器或部署在其上(或部署在其附近)。在这样的示例中,物体标识符感

测设备152和空间结构感测相机151可以分别被称为手上(on-hand)物体标识符感测设备(例如,手上条形码读取器)和手上空间结构感测相机。在一些情况下,计算系统101可以被配置为控制机器人161以将手上空间结构感测相机和/或手上物体标识符感测设备移动到用于感测机器人161的环境的最佳位置,如下面更详细讨论的。

[0032] 在实施例中,如果计算系统101是机器人控制系统的一部分,则计算系统101可以被配置为生成用于控制机器人161的移动的一个或多个移动命令,如下面更详细地讨论的。这些移动命令可以包括例如物体移动命令、传感器移动命令和容器移动命令。传感器移动命令可以被用于移动空间结构感测相机151和/或物体标识符感测设备152。容器移动命令可以被用于移动包含商品或其他物体的容器,诸如用来打开或关闭容器的移动命令。物体移动命令可以被用于移动仓库或其他场所中的商品或其他物体,或更具体地,部署在容器中的物体。

[0033] 在实施例中,系统100的部件可以被配置为经由网络和/或存储设备进行通信。更具体地,图1D描绘了系统100C,该系统100C是图1A至图1C的系统100/100A/100B的实施例。系统100C包括计算系统101、空间结构感测相机151、机器人161、物体标识符感测设备152,并且还包括网络199和与计算系统101分开的数据存储设备198(或任何其他类型的非暂时性计算机可读介质)。在一些情况下,存储设备198可以被配置为存储由物体标识符感测设备152、空间结构感测相机151和/或机器人161生成的信息以及使所存储的信息对计算系统101可用。在这样的示例中,计算系统101可以被配置为通过从数据存储设备198召回(或更一般地,接收)信息来访问所存储的信息。

[0034] 在图1D中,存储设备198可以包括任何类型的非暂时性计算机可读介质(或多个介质),其也可以被称为非暂时性计算机可读存储设备。这样的非暂时性计算机可读介质或存储设备可以被配置为存储并提供对存储的信息(也被称为存储的数据)的访问。非暂时性计算机可读介质或存储设备的示例可以包括但不限于电子存储设备、磁存储设备、光存储设备、电磁存储设备、半导体存储设备或其任何合适的组合,例如,诸如计算机磁盘、硬盘、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、可擦可编程只读存储器(EPROM或闪存)、固态驱动器、静态随机存取存储器(SRAM)、便携式光盘只读存储器(CD-ROM)、数字多功能磁盘(DVD)和/或记忆棒。

[0035] 在实施例中,网络199可以促进计算系统101、空间结构感测相机151、物体标识符感测设备152和/或机器人161之间的通信。例如,计算系统101和/或存储设备198可以经由网络199接收由空间结构感测相机151和/或物体标识符感测设备152生成的信息(例如,空间结构信息或感测到的物体标识符信息)。在这样的示例中,计算系统101可以被配置为经由网络199向机器人161提供一个或多个命令(例如,移动命令)。与本文的实施例一致地,网络199可以提供单独的网络连接或一系列网络连接以允许计算系统101接收信息和/或输出命令。

[0036] 在图1D中,网络199可以经由有线或无线链路连接。有线链路可以包括数字用户线(DSL)、同轴电缆线或光纤线。无线链接可能包括**Bluetooth®**、低功耗蓝牙(BLE)、ANT/ANT+、ZigBee、Z-Wave、Thread、**Wi-Fi®**、全球微波访问互操作性(**WiMAX®**)、移动**WiMAX®**、**WiMAX®-Advanced**、NFC、SigFox、LoRa、随机相位多址(RPMA)、

Weightless-N/P/W、红外信道或卫星频段。无线链路还可包括在移动设备之间通信的任何蜂窝网络标准，包括符合2G、3G、4G或5G的标准。无线标准可以使用各种信道接入方法，例如，FDMA、TDMA、CDMA、OFDM或SDMA。在一些实施例中，可以经由不同的链路和标准来发送不同类型的信息。在其他实施例中，可以经由不同的链路和标准来发送相同类型的信息。可以经由任何合适的协议（包括，例如，http、tcp/ip、udp、以太网、ATM等）来进行网络通信。

[0037] 网络199可以是任何类型和/或形式的网络。网络的地理范围可以广泛地变化，并且网络199可以是体域网（BAN）、个人局域网（PAN）、局域网（LAN）（例如，内联网、城域网（MAN））、广域网（WAN）或互联网。网络199的拓扑可以是任何形式，并且可以包括例如以下任何一种：点对点、总线、星形、环形、网状或树形。网络199可以是本领域普通技术人员已知的能够支持本文描述的操作的任何这样的网络拓扑。网络199可以利用不同的技术和协议层或协议栈，包括例如以太网协议、互联网协议套件（TCP/IP）、ATM（异步传输模式）技术、SONET（同步光网络）协议或SDH（同步数字体系）协议。TCP/IP互联网协议套件可以包括应用层、传输层、互联网层（包括例如IPv4和IPv6）或链路层。网络199可以是一种广播网络、电信网络、数据通信网络或计算机网络。

[0038] 在实施例中，计算系统101、空间结构感测相机151、物体标识符感测设备152和/或机器人161可能能够经由直接连接而不是网络连接来彼此通信。例如，在这样的实施例中，计算系统101可以被配置为经由专用的有线通信接口（诸如，RS-232接口、通用串行总线（USB）接口）和/或经由本地计算机总线（诸如外围部件互连（PCI）总线）来从空间结构感测相机151和/或物体标识符感测设备152接收信息。

[0039] 在实施例中，由空间结构感测相机151生成的空间结构信息可以是指描述结构如何在空间（诸如三维（3D）空间）中被布局或以其他方式部署的任何类型的信息。更具体地，空间结构信息可以描述结构的3D布局，或结构在3D空间中的3D姿势或部署。该结构可以属于例如空间结构感测相机151的环境或视野中的容器，或者属于部署在该容器内的物体。在一些情况下，空间结构信息可以指示结构如何在3D空间中定向。在一些情况下，空间结构信息可以包括深度信息，该深度信息指示结构上或更具体地结构的一个或多个表面上的一个或多个位置的一个或多个相应深度值。特定位置的深度值可以是相对于空间结构感测相机151的，或者是相对于某个其他参考框架（例如，仓库或零售空间的天花板或墙壁）的。在一些情况下，可以沿着与空间结构感测相机151所位于的假想平面正交的轴线来测量深度值。例如，如果空间结构感测相机151具有图像传感器，则假想平面可以是由图像传感器限定的图像平面。在实施例中，空间结构信息可以被用于确定结构的轮廓，或更一般地，结构的边界。轮廓可以是例如容器或容器的一部分或容器中的物体的轮廓。例如，空间结构信息可以被用于检测一个或多个位置，在该一个或多个位置处深度值中存在明显的不连续性，其中这样的位置可以指示结构的边界（例如，边缘）。在一些情况下，结构的边界可以被用于确定其形状或大小。

[0040] 在一些情况下，空间结构信息可以包括或形成深度图（depth map）。深度图可以是具有多个像素的位图（bitmap），该多个像素表示或以其他方式对应于相机视野中的各个位置，诸如相机视野中的一个或多个结构上的位置。在这样的情况下，像素中的一些或全部可以各自具有相应深度值，该相应深度值指示由该像素表示的或以其他方式对应于该像素的相应位置的深度。在一些情况下，深度图可以包括2D图像信息，该2D图像信息描述了相机视

野中的一个或多个结构的2D外观。例如，深度图可以包括2D图像。在这样的示例中，深度图的像素中的每一个像素还可以包括颜色强度值或灰度强度值，该颜色强度值或灰度强度值指示从由该像素表示的或以其他方式对应于该像素的位置所反射的可见光的量。

[0041] 在实施例中，空间结构信息可以是点云或包括点云。点云可以标识描述一个或多个结构(诸如容器的结构和/或容器中的物体的结构)的多个位置。在一些情况下，多个点可以是一个或多个结构的一个或多个表面上的相应位置。在一些情况下，点云可以包括标识或以其他方式描述该多个点的多个坐标(例如，3D坐标)。例如，点云可以包括指定该一个或多个结构的相应位置或其他特征的一系列笛卡尔坐标或极坐标(或其他数据值)。相应坐标可以关于空间结构感测相机151的参考框架(例如，坐标系)或关于某个其他参考框架来表达。在一些情况下，相应坐标是离散的并且彼此间隔开，但是可以理解为代表一个或多个结构的一个或多个连续表面。在实施例中，点云可以(例如，由计算系统101)从深度图或其他信息生成。

[0042] 在一些实施例中，空间结构信息还可以根据任何适当的格式存储，诸如多边形或三角形网格模型、非均匀有理基样条模型、CAD模型、基元(primitives)的参数化(例如，可以根据中心以及在x、y和z方向上的扩展来定义矩形，可以通过中心、高度、上半径和下半径等来定义圆柱体)。

[0043] 如上所述，经由空间结构感测相机151捕获或以其他方式生成空间结构信息。在实施例中，空间结构感测相机151可以是或包括3D相机或任何其他3D图像感测设备。3D相机可以是深度感测相机，诸如飞行时间(TOF)相机或结构光相机，或任何其他类型的3D相机。在一些情况下，3D相机可以包括图像传感器，诸如电荷耦合器件(CCD)传感器和/或互补金属氧化物半导体(CMOS)传感器。在实施例中，空间结构感测相机151可以包括激光器、LIDAR设备、红外设备、光/暗传感器(light/dark sensor)、运动传感器、微波检测器、超声检测器、RADAR检测器或被配置为捕获空间结构信息的任何其他设备。

[0044] 如上所述，物体标识符感测设备152可以被配置为感测物体标识符并生成感测到的物体标识符信息，诸如感测到的描述条形码的条形码信息。感测到的物体标识符信息可以描述例如物体标识符的位置(例如，条形码位置)、编码到物体标识符的信息或某个其他物体标识符信息。如果物体标识符感测设备152是条形码感测设备，则条形码感测设备在一些情况下可以包括被配置为朝着条形码的区域(诸如条形码的深色条纹或深色正方形所占据的区域)发射光或其他信号的激光或光电二极管，并且可以包括被配置为测量从该区域反射的光或其他信号的量的传感器。在一些情况下，如图1E所示，物体标识符感测设备152可以包括2D相机153。2D相机153可以包括例如灰度相机或彩色相机。2D相机153可以被配置为捕获或以其他方式生成2D成像信息，该2D成像信息描述或以其他方式表示2D相机153的视野中的环境的视觉外观，包括视野中的物体上的条形码或任何其他物体标识符(如果有的话)的外观。这样的2D相机153可以包括例如图像传感器，诸如电荷耦合器件(CCD)传感器和/或互补金属氧化物半导体(CMOS)传感器。在一些情况下，2D图像信息可以包括形成2D图像的多个像素。2D图像信息的每个像素可以表示例如从对应于该像素的位置反射的光的强度或其他性质。在一些情况下，2D相机153可以包括处理电路，该处理电路被配置为检测2D图像内的条形码或其他物体标识符，并且基于物体标识符来生成感测到的物体标识符信息。在一些情况下，如果空间结构信息包括具有2D图像信息的深度图，则该2D图像信息可以

是由2D相机153生成的。

[0045] 在实施例中,空间结构感测相机151和物体标识符感测设备152可以被集成到单个设备中。例如,它们可以被单个壳体包围,并且可以具有固定的相对位置和相对朝向。在一些情况下,它们可以共享单个通信接口和/或单个电源。在实施例中,空间结构感测相机151和物体标识符感测设备152可以是两个分开的设备,其被安装到或以其他方式附接到机器人161,例如到机器人161的机械臂,如下面更详细地讨论的。

[0046] 如上所述,空间结构信息和/或感测到的物体标识符信息可以由计算系统101处理。在实施例中,计算系统101可以包括或被配置为服务器(例如,具有一个或多个服务器刀片、处理器等)、个人计算机(例如台式计算机、膝上型计算机等)、智能手机、平板计算设备和/或其他任何其他计算系统。在实施例中,计算系统101的任何或全部功能可以被执行为云计算平台的一部分。计算系统101可以是单个计算设备(例如,台式计算机),或者可以包括多个计算设备。

[0047] 图2A提供了示出计算系统101的实施例的框图。计算系统101包括至少一个处理电路110和非暂时性计算机可读介质(或多个介质)120。在实施例中,处理电路110包括一个或多个处理器、一个或多个处理核、可编程逻辑控制器(“PLC”)、专用集成电路(“ASIC”)、可编程门阵列(“PGA”)、现场可编程门阵列(“FPGA”),其任何组合或任何其他处理电路。在实施例中,非暂时性计算机可读介质120可以是存储设备,诸如电子存储设备、磁存储设备、光存储设备、电磁存储设备、半导体存储设备或其任何合适的组合,例如,诸如计算机磁盘、硬盘、固态驱动器(SSD)、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、可擦可编程只读存储器(EPROM或闪存)、静态随机存取存储器(SRAM)、便携式光盘只读存储器(CD-ROM)、数字多功能磁盘(DVD)、存储棒、其任意组合或任何其他存储设备。在一些情况下,非暂时性计算机可读介质可以包括多个存储设备。在某些情况下,非暂时性计算机可读介质120被配置为存储由空间结构感测相机151生成的空间结构信息和/或由物体标识符感测设备152生成的感测到的物体标识符信息。在某些情况下,非暂时性计算机可读介质120还存储计算机可读程序指令,该计算机可读程序指令在由处理电路110执行时使处理电路110执行在此描述的一种或多种方法(methodologies),诸如参考图4描述的操作。

[0048] 图2B描绘了计算系统101A,该计算系统101A是计算系统101的实施例并且包括通信接口130。通信接口130可以被配置为例如(诸如经由图1D的存储设备198和/或网络199,或者经由来自空间结构感测相机151或来自物体标识符感测设备152的更直接的连接)接收由空间结构感测相机151生成的空间结构信息和/或由物体标识符感测设备152生成的感测到的物体标识符信息(例如,感测到的条形码信息)。在实施例中,通信接口130可以被配置为与图1B的机器人161通信。如果计算系统101不是机器人控制系统的一部分,则计算系统101的通信接口130可以被配置为与机器人控制系统通信。通信接口130可以包括例如被配置为通过有线或无线协议执行通信的通信电路。作为示例,通信电路可以包括RS-232端口控制器、USB控制器、以太网控制器,Bluetooth®控制器、PCI总线控制器,任何其他通信电路或其组合。

[0049] 在实施例中,可以通过存储在非暂时性计算机可读介质120上的一个或多个计算机可读程序指令来对处理电路110进行编程。例如,图2C示出了计算系统101B,该计算系统101B是计算系统101/101A的实施例,其中处理电路110由一个或多个模块编程,该一个或多

个模块包括容器检测模块、物体检测模块204和/或运动计划模块206，这将在下面更详细地讨论。

[0050] 在实施例中，容器检测模块202可以被配置为检测容器（诸如抽屉），或更具体地，确定关于抽屉如何在3D空间中布置的信息，诸如其朝向和/或深度。如下面更详细地讨论的，容器检测模块202可以被配置为至少使用空间结构信息来做出这样的确定。在一些情况下，容器检测模块202可以确定抽屉的特定部分（诸如其底部内表面）如何在3D空间中布置。在一些实现方案中，容器检测模块202可以被配置为基于抽屉的另一部分（诸如其边框）如何在3D空间中布置来确定底部内表面如何在3D空间中布置。

[0051] 在实施例中，物体检测模块204可以被配置为检测容器内的物体（诸如部署在抽屉的底部内表面上的一件商品），或更具体地，确定物体如何在3D空间中布置，诸如物体的朝向和/或深度。在一些情况下，物体检测模块204可以基于由容器检测模块202生成的关于抽屉或其他容器如何在3D空间中布置的信息来做出这样的确定。在一些情况下，物体检测模块204可以被配置为使用感测到的物体标识符信息（例如，感测到的条形码信息）来标识物体和/或物体的大小，如下面更详细地讨论的。

[0052] 在实施例中，运动计划模块206可以被配置为确定机器人运动，该机器人运动用于与容器交互、用于与容器内的物体交互、和/或用于移动空间结构感测相机151和/或物体标识符感测设备152。例如，机器人运动可以是机器人操作的一部分，以从容器中抓取或以其他方式拾取物体并将物体移到其他地方。机器人运动可以基于例如由物体检测模块204生成的关于物体如何在3D空间中布置和/或由容器检测模块202生成的关于容器如何在3D空间中部署的信息来确定。将理解，本文所讨论的模块的功能是代表性的而非限制性的。

[0053] 在各种实施例中，术语“计算机可读指令”和“计算机可读程序指令”被用于描述被配置为执行各种任务和操作的软件指令或计算机代码。在各种实施例中，术语“模块”广义上是指被配置为使处理电路110执行一个或多个功能任务的软件指令或代码的集合。当处理电路或其他硬件部件正在执行模块或计算机可读指令时，模块和计算机可读指令可以被描述为执行各种操作或任务。在一些情况下，模块和计算机可读指令可以实现用于执行容器检测并基于容器检测来计划机器人交互的方法。

[0054] 图3A至图3C示出了其中可能发生用于容器检测和/或机器人交互的方法的环境。更具体地，图3A描绘了系统300（其可以是图1A至图1E的系统100/100A/100B/100C的实施例），该系统300包括计算系统101、机器人361和空间结构感测相机351（其可以是空间结构感测相机151的实施例）。在实施例中，机器人361可包括基座362和机械臂363。基座362可以被用于安装机器人361，而机械臂363可以被用于与机器人361的环境进行交互。在实施例中，机械臂363可包括相对于彼此可移动的多个臂部分。例如，图3A示出了臂部分363A、363B、363C和363D，它们相对于彼此可旋转和/或可延伸。例如，机械臂363可以包括一个或多个电动机或其他致动器，其被配置为相对于基座362旋转臂部分363A、相对于臂部分363A旋转臂部分363B以及相对于臂部分363B旋转臂部分363C。在此示例中，臂部分363A、363B和363C可以是机械臂363的连杆（link），而臂部分363D可以是诸如机械手的末端执行器。在一些情况下，机械手可以包括抓持器，该抓持器被配置为抓持或以其他方式拾取物体，以使机械臂363能够与物体交互。

[0055] 在图3A的实施例中，空间结构感测相机351在末端执行器363D的一部分或附近的

位置处被安装在机器人361上或以其他方式附接到机器人361,或更具体地,到机器人361的机械臂363。空间结构感测相机351可以是成像系统的一部分。在一些情况下,成像系统还可以包括物体标识符感测设备,这将在下面关于图7A进行讨论。在一些情况下,物体标识符感测设备也可以附接到机械臂363,诸如在末端执行器363D上或附近的位置处。

[0056] 如图3A所示,系统300还可以包括一个或多个容器384,诸如容器384A-384L。在一些情况下,容器384A-384L可以位于仓库或零售空间中,并且可以被用于包含诸如商品或其他物体的物品。在图3A的示例中,容器384A-384L可以被安置在柜子380中,柜子380可以提供将容器384A-384L堆叠布置的壳体381。在此示例中,容器384A-384L各自可以是能够在关闭位置和打开位置之间移动的抽屉。容器384A-384L中的每一个可以经由一个或多个连杆附接到柜子380。例如,图3A示出了一对导轨382A、383A,其附接到壳体381的内表面并且允许容器382A在打开位置和关闭位置之间滑动。在一些情况下,容器384A-384L中的至少一个可以容纳一个或多个物体。例如,容器384A可以包括物体371、373,其可以是仓库或零售空间中的商品。作为示例,物体371、373各自可以是盒子,该盒子是物品或容纳物品,诸如要运输或出售的商品。

[0057] 如上所述,空间结构感测相机351(和/或物体标识符感测设备)可以是安装或以其他方式放置在机械臂363上的手上相机设备。这种放置可以允许空间结构感测相机351(和/或物体标识符感测设备)的位置和/或朝向的灵活性。更具体地,图3A至图3C示出了其中机械臂363能够将空间结构感测相机351(和/或物体标识符感测设备)移动到各种位置和/或朝向的实施例,而不是将空间结构感测相机351(和/或物体标识符感测设备)安装在固定的安装点处。例如,这样的实施例允许机械臂363调节被感测的物体与空间结构感测相机351(和/或物体标识符感测设备)之间的距离,以便调整所得的空间结构信息(和/或感测到的物体标识符信息)中的聚焦和/或分辨率水平。

[0058] 图3B还示出了其中图3A的容器384A-384L(诸如容器384A)各自处于关闭的位置的情况。当容器384A处于关闭位置时,其内容(例如,物体371、373)可能无法被机器人361访问,或更具体地说,无法被机械臂363访问。例如,当容器384A处于关闭位置时,容器384A的内表面(例如底部内表面)可以基本上不暴露在柜子380的壳体381外部的环境中。此外,容器384A的内容(例如,物体371、373)可以被隐藏而不被看见。更具体地,可以将它们与空间结构感测相机351的相机视野353(和/或物体标识符感测设备的视野)阻断。在这样的示例中,一个或多个容器的外部部分(诸如容器384A的手柄)可以在相机视野353内。如下面更详细地讨论的,在一些实施例中,机械臂363可以被配置为抓持并拉动例如容器384A的手柄以便将容器384A(例如,经由图3A的导轨382A、383A)滑动到打开的位置。

[0059] 图3C示出了处于打开的位置(也称为打开位置)的容器384A。当容器384A处于打开的位置时,其内容可由机器人361或更具体地由机械臂363访问。例如,容器384A可经由导轨382A、383A滑动到一个位置,在该位置处容器382A的一些或全部底部内表面暴露于柜子380的壳体381外部的环境。在这样的情况下,底部内表面的至少一部分可以在空间结构感测相机351的相机视野353中(和/或物体标识符感测设备的视野中)。此外,当容器384A处于打开的位置时,容器384A的内容(诸如部署在容器384A的底部内表面上的物体371、373)也可以在相机视野353内。如上所述,空间结构感测相机351可以被配置为生成描述容器384A和/或容纳在其中的物体371、373的空间结构信息。空间结构信息可以被用于检测物体371、373的

姿态，并且促进机械臂363与物体371、373之间的交互，诸如其中机械臂363的末端执行器363D拾取物体371、373并将物体371、373从容器384A移开的交互。

[0060] 图3D提供了图3A至图3C的容器384A的视图。如图3D所示，在实施例中，容器384A可具有表面384A-1(也被称为容器表面384A-1)，在该表面上，一个或多个物体(诸如物体371、373)被部署在容器384A内。例如，容器表面384A-1可以是容器384A的底部内表面。在实施例中，容器384A可以具有从容器表面384A-1偏移的边框384A-2(也被称为容器边框384A-2)。容器边框384A-2可以由一个或多个侧壁384A-3、384A-4和384A-5形成，每个侧壁可以具有共同的高度h(如图3D所示)或不同的相应高度。在此示例中，容器边框384A-2可以包括一个或多个侧壁384A-3、384A-4和384A-5的顶表面。容器边框384A-2和容器表面384A-1可以以等于或基于高度h的距离分开，该距离可以是计算系统101被配置为接收或确定的已知值。在一些情况下，图3A至图3C的计算系统101可以确定描述容器表面384A-1和/或容器边框384A-2的信息，并使用该信息来确定描述部署在容器384A内的一个或多个物体(例如，371、373)的附加信息，如下面更详细地讨论的。如在图3D中进一步描绘的，在一些情况下，容器384A可以包括手柄384A-6。在一些实施例中，计算系统101可以被配置为使(图3A至图3C的)机械臂363通过拉动手柄384A-6或其他方式与之交互来将容器384A移动到打开的位置。

[0061] 图4描绘了用于促进机器人与包含在容器中的物体的交互的方法400的流程图。方法400可以涉及确定描述物体如何在空间中布置的信息，使得机器人可以以适当的方式移动以例如抓持物体。在一个示例中，该信息可以描述物体的姿态(也被称为物体姿态)，其可以描述物体(例如，相对于图3A至图3C的空间结构感测相机351)的朝向或深度值中的至少一者。如下面更详细地讨论的，方法400可以基于描述容器(例如384A)如何在空间中布置的信息来确定物体如何在空间中布置。在实施例中，方法400可以由计算系统101或更具体地由处理电路110执行。在一些情况下，方法400可以在处理电路110执行存储在图2A至图2C的非暂时性计算机可读介质120上的指令时执行。

[0062] 在实施例中，方法400可以在容器(例如，384A)处于关闭位置的情况下开始，并且可以涉及计算系统101控制机器人(例如，361)以将容器移动到打开的位置，如下面更详细地讨论的。这样的移动可以涉及例如容器384A沿着在图3A和3C中示出的导轨382A、383A滑动。如关于图3A和3C所讨论的，在实施例中，导轨382A、383A可以附接到容器384A被容纳在其中的壳体381的内侧表面，并且可以允许容器384A滑入和滑出壳体381。

[0063] 在实施例中，方法400可以在容器(例如384A)处于或已经处于打开的位置的情况下开始，诸如图3C和图5A所示。类似于图3C中的示例，图5A中的容器384A包含物体371和373，该物体371和373布置在容器384A内，并且更具体地布置在容器384A的容器表面384A-1上。因为容器384A处于打开的位置，所以容器384A内的物体371、373可以在空间结构感测相机351的相机视野353内。

[0064] 在实施例中，方法400可以包括步骤402，其中计算系统101接收由空间结构感测相机(例如，图5A的351)生成的空间结构信息。空间结构信息可以包括相机视野353中的环境的深度信息。更具体地，空间结构信息可以描述相机视野353中的各种结构如何被空间地布置(即，它们如何在空间中布置)。各种结构可以包括例如容器384A和布置在容器384A内的物体371、373。

[0065] 在实施例中，空间结构信息可以被用于检测一个或多个结构的倾斜，或更具体地，

检测倾斜量和/或倾斜朝向。更具体地，容器384A可以具有一个或多个连杆，诸如将容器384A附接到壳体381的导轨382A、383A。当容器384A朝着打开的位置移动时，它可能相对于一个或多个连杆并相对于壳体381向下倾斜。例如，当容器384A沿着图5A中的导轨382A、383A从关闭位置滑动到打开的位置时，容器384A的重量可能导致其相对于导轨382A、383A向下倾斜。倾斜的示例在图5B中示出。更具体地，图5B描绘了轴线582，其表示图5A的导轨383A、383A的朝向，并且更具体地平行于导轨382A、383A。该图还描绘了垂直于轴线582的另一轴线582P。在一些情况下，轴线582P可以与用于柜子380的壳体381的竖直壁平行。图5B还描绘了轴线584和轴线584P，它们两者都可以表示容器384A的朝向。更具体地，轴线584可以平行于容器384A，或更具体地平行于容器表面384A-1。轴线584P可以是容器表面384A-1的法向轴线(normal axis)，并且可以垂直于轴线584。当容器384A处于关闭位置时，与容器384相关联的轴线584可以平行于与导轨382A、383A相关联的轴线582。此外，轴线584P可以平行于轴线582P。如上所述，当容器384A从关闭位置滑动到打开的位置时，容器384A可能向下倾斜，导致与容器384A相关联的轴线584偏离轴线582，并且导致法向轴线584P偏离轴线582P，如图5B中所示。换句话说，轴线584可以变得倾斜于(be oblique to)轴线582，并且轴线584P可以变得倾斜于轴线582P。

[0066] 在实施例中，容器384A的倾斜可能导致容器384A和容器384A内的任何物体(例如，物体371或373)相对于例如图3A至图3C的机械臂363和/或空间结构感测相机351在深度和/或朝向上漂移。例如，如果容器384在其处于打开的位置时没有向下倾斜，则物体371、373可具有相对于空间结构感测相机351和/或相对于机械臂363的第一深度值和第一朝向。容器384A的倾斜可导致物体371、373具有相对于空间结构感测相机351和/或相对于机械臂363的第二深度值和第二朝向。在一些情况下，第二深度值可以比第一深度值大仅几毫米，并且第二朝向可以与第一朝向仅相差几度或几分之一度，但是这样的差异可能足以影响机械臂363以精确的方式抓持物体371、373或以其他方式与物体371、373交互的能力，特别是在计算系统101根据第一深度值或第一朝向来假设物体371、373在空间中布置的情况下。此外，计算系统101可能需要以毫米级或更佳的精度确定物体371、373如何在空间中布置，以确保图3A至图3C的机器人361和物体371、373之间的恰当交互。

[0067] 在一些情况下，倾斜的量或效果可能难以以毫米精度来预测，因为在容器从关闭位置移动到打开的位置时，容器(例如，384A)可能有多个自由度。因此，本申请的一个方面涉及使用诸如在方法400的步骤402中接收到的空间结构信息来确定物体(例如，371/373)如何在空间中布置，以便促进控制机械臂363与物体(例如，371/373)正确交互的能力。

[0068] 如上所述，步骤402的空间结构信息可以包括相机视野(例如353)中的环境的深度信息。该深度信息可包括一个或多个深度值，每个深度值可指示相机视野353中的特定位置相对于空间结构感测相机(例如351)或相对于某个其他参考点或参考框架的深度。在一些情况下，与深度值相关联的位置可以是相机视野353中的结构的表面上的位置。例如，图5C示出了包括深度值d<sub>物体A,位置1</sub>、d<sub>边框,位置1</sub>、d<sub>表面,位置1</sub>和d<sub>地板,位置1</sub>的深度信息。在此示例中，深度值d<sub>物体A,位置1</sub>可以指示物体371上的位置相对于空间结构感测相机351，或更具体地相对于由空间结构感测相机351的图像传感器或其他传感器形成的图像平面354的深度值。更具体地，深度值d<sub>物体A,位置1</sub>可以指示物体371上的位置(例如，在物体371的表面上)与图像平面354之间的距离。此距离可以沿着垂直于图像平面354的轴线测量。在实施例中，深度信息可以包括

用于容器的一个或多个部分(诸如容器表面384A-1和容器边框384A-2)的一个或多个相应的深度值。例如,深度值 $d_{\text{表面}, \text{位置}1}$ 可以指示容器表面384A-1(或更具体地,容器表面384A-1上的位置)的深度值。深度值 $d_{\text{边框}, \text{位置}1}$ 可以指示容器边框384A-2(或更具体地,容器边框384A-2上的位置)相对于图像平面354的深度值。另外,深度值 $d_{\text{地板}, \text{位置}1}$ 可以指示柜子380的壳体381部署在其上的地板或其他表面(或更具体地,地板上的位置)的深度值。

[0069] 图6A描绘了在步骤402中接收的空间结构信息的表示。在此示例中,空间结构信息分别可以包括或可以标识相机视野(例如,353)中的多个位置的多个深度值。更具体地,该图示出了空间结构信息标识出其相应深度值的位置(也被称为点)的各种集合610-660。位置集合610(被标识为条纹六边形)可以对应于其上部署有图5C的壳体381的地板或其他表面。例如,集合610可以包括位置610<sub>1</sub>,其可以对应于图5C的深度值 $d_{\text{地板}, \text{位置}1}$ 。位置集合620(被标识为白色圆圈)可以属于容器384A的容器表面384A-1(例如,底部内表面)。例如,集合620可以包括位置620<sub>1</sub>,其可以对应于图5C的深度值 $d_{\text{表面}, \text{位置}1}$ 。位置集合630(被标识为深色圆圈)可以属于容器边框384A-2。例如,集合630可以包括位置630<sub>1</sub>,其可以对应于图5C的深度值 $d_{\text{边框}, \text{位置}1}$ 。位置集合640(被标识为深色椭圆形)可以属于容器384A的手柄384A-6。此外,位置集合650(被标识为阴影矩形)可以属于图5C的物体371。例如,集合650可以包括位置650<sub>1</sub>,其可以对应于图5C的深度值 $d_{\text{物体A}, \text{位置}1}$ 。另外,位置集合660(被标识为白色矩形)可以属于图5C的物体373。

[0070] 在实施例中,空间结构信息可以包括深度图和/或点云。点云可包括例如空间结构感测相机(例如351)的相机视野(例如353)中的一个或多个结构上的位置的相应坐标。例如,点云可以包括3D坐标,诸如在空间结构感测相机的参考框架(例如,坐标系)或某个其他参考框架中的[x y z]坐标。在这样的示例中,位置的坐标可以指示位置的深度值。例如,位置的深度值可以等于或基于坐标的z分量。

[0071] 在实施例中,空间结构信息可以受测量误差或其他误差影响,或包括测量误差或其他误差。例如,位置650<sub>1</sub>可以具有等于 $d_{\text{物体A}, \text{位置}1}$ 的深度值,但是点云或其他空间结构信息可能指示物体371上的位置650<sub>1</sub>具有[x y z]坐标,其中 $z = d_{\text{物体A}, \text{位置}1} + \epsilon_{\text{物体A}, \text{位置}1}$ ,其中 $\epsilon_{\text{物体A}, \text{位置}1}$ 是指与位置650<sub>1</sub>相关联的误差。在该情况下,空间结构信息可能会错误地指示位置650<sub>1</sub>具有深度值 $d_{\text{物体A}, \text{位置}1} + \epsilon_{\text{物体A}, \text{位置}1}$ 。该误差可能归因于例如成像噪声或某个其他误差源。误差可能基于各种因素。在一些情况下,物体371或其他结构可能具有干扰空间结构感测相机(例如351)的操作原理的形状。在一些情况下,物体371可能由干扰空间结构感测相机的工作原理的材料(例如,透明或半透明的材料)形成。在一些情况下,光或其他信号可能会从(图5C的)另一个物体373或容器384A的内表面反射,并且这样的来自另一个物体373的反射信号可能会充当干扰空间结构感测相机(例如351)精确测量物体371的深度值的能力的成像噪声。

[0072] 图6B提供了对于实质地受噪声或其他误差源影响的空间结构信息的一部分的位置(用阴影三角形表示)的示例。在图6B的示例中,(对应于容器表面384A-1)位置集合620的位置620<sub>2</sub>至620<sub>5</sub>可能实质地受到噪声的影响,并且对应于这些位置的空间结构信息可能包括相当大的误差量。此外,(对应于物体371的)位置集合650的位置650<sub>1</sub>至650<sub>3</sub>和(对应于物体373的)位置集合660的位置660<sub>1</sub>至660<sub>3</sub>可能实质地受到噪声的影响,并且对应于这些位置的空间结构信息可能也包括相当大的误差量。在这样的示例中,直接使用位置集合650或位置集合660的空间结构信息来确定物体371或物体373如何在空间中布置可能导致不精确

或不可靠的结果,因为这些位置的很大一部分可能受到噪声或其他误差源的影响。因此,本公开的一方面涉及确定容器(例如384A)如何在空间中布置,以及基于容器如何在空间中布置来确定容器(例如384A)内的物体(例如371/373)如何在空间中布置。

[0073] 返回图4,在实施例中,方法400可以包括步骤404,其中计算系统101基于空间结构信息来确定容器姿态。在一些实现方案中,步骤404可以由图2C的容器检测模块202执行。在实施例中,容器姿态可以是指诸如容器384A的容器的姿态,并且可以被用于描述容器(例如384A)的朝向或容器(例如384A)的至少一部分的深度值中的至少一者。在一些情况下,容器(例如384A)的该部分可以是指容器的部件,诸如容器边框(例如384A-2)或容器表面(例如384A-1)。在一些情况下,容器(例如384A)的该部分可以是指容器上的区域,或更一般地是指诸容器的表面(诸如在其上部署有容器内容的容器表面(例如384A-1)或容器边框(例如384A-2)的表面)上的位置(例如图6A的620<sub>1</sub>或630<sub>1</sub>)。

[0074] 在一些情况下,容器姿态可以描述容器(例如384A)的姿势或部署,或更一般地描述容器(例如384A)如何在3D空间中布置。例如,容器姿态可以描述容器(例如384A)的朝向,该朝向可以描述容器(例如384)或其一部分向下倾斜的量(如果有的话)。如上所述,容器姿态可以描述深度值,该深度值可以指示例如容器(例如384A)或其一部分距离空间结构感测相机(例如图3A至图3C的351)多远或距离机械臂(例如363)或机器人(例如361)的其他部分多远。

[0075] 在一些情况下,容器姿态可以描述容器的朝向和容器(例如384A)上的位置(例如620<sub>1</sub>或630<sub>1</sub>)的深度值两者。深度值可以等于或指示例如该位置的3D坐标的分量。例如,3D坐标可以是包括2D分量或2D坐标(例如,[x y]坐标)和深度分量(例如,z分量或z坐标)的[x y z]坐标。z分量或z坐标可以等于或基于该位置相对于空间结构感测相机(例如351)或某个其他参考框架的深度值。在这样的示例中,容器姿态可以描述容器的朝向以及容器上的位置的3D坐标二者。

[0076] 在实施例中,在步骤404中确定的容器姿态可以是容器表面姿态,其可以是容器表面(例如384A-1)的姿态。容器表面可以是例如容器(例如384A)的物体或其他内容在其上被部署在容器内的底部内表面或其他表面。容器表面姿态可描述例如以下至少之一:容器表面(例如384A-1)的朝向或容器表面(例如384A-1)的或容器表面(例如384A-1)上的至少一个位置(例如620<sub>1</sub>)的深度值。

[0077] 在实施例中,确定容器表面姿态可涉及直接使用对应于容器表面(例如384A-1)上的位置的空间结构信息的一部分。例如,实施例中的计算系统101可以直接基于对应于图6B的包括位置620<sub>1</sub>至620<sub>n</sub>的位置集合620的空间结构信息来确定容器表面姿态。对应的空间结构信息可以包括例如位置620<sub>1</sub>至620<sub>n</sub>的相应深度值。在一些情况下,计算系统101可以被配置为将位置620<sub>1</sub>-620<sub>n</sub>标识为属于容器表面(例如384A-1),或更一般地将位置620<sub>1</sub>-620<sub>n</sub>标识为属于共同层,以便将这些位置与表示相机视野(例如353)中其他层的那些位置区分开。例如,计算系统101可以被配置为将位置620<sub>1</sub>至620<sub>n</sub>标识为具有基本连续的相应深度值,并且这些深度值之间没有明显不连续性。在一些情况下,此实施例中的计算系统101可以通过确定最佳地拟合位置620<sub>1</sub>至620<sub>n</sub>中的所有或一些位置的平面来确定容器表面姿态。计算系统101可以确定容器表面(例如384A-1)的朝向等于或基于该平面的特性,诸如其斜率或法线向量。在一些情况下,计算系统101可以直接基于空间结构信息来估计或以其他方式确定

容器表面(例如384A-1)上的位置的深度值。例如,如果空间结构信息为该位置提供了3D坐标(诸如[x y z]坐标),则深度值可以等于或基于3D坐标的z分量。在一些情况下,计算系统101可以使用该平面来估计容器表面(例如384A-1)上位置的深度值,因为该位置可能落在平面上或基本接近平面。例如,如果计算系统101接收容器表面(例如384A-1)上的位置的2D分量(例如[x y]分量),则它可以被配置为确定属于也具有该2D分量的平面的3D坐标。在这样的示例中,该平面上的该3D坐标可以指示或近似于容器表面(例如384A-1)上的位置。因此,该平面上的该3D坐标的z分量可以等于或近似于容器表面(例如384A-1)上的位置的深度值。

[0078] 在实施例中,确定容器表面姿态可以涉及间接地使用对应于容器(例如384A)的另一部分的空间结构信息,例如对应于容器边框(例如384A-2)的空间结构信息。更具体地,步骤404的实施例可以涉及确定容器边框姿态,并且基于容器边框姿态来确定容器表面姿态。容器边框姿态可以描述容器边框(例如384A-2)的朝向或容器边框(例如384A-2)上的至少一个位置(例如630<sub>1</sub>)的深度值中的至少一者。

[0079] 在一些情况下,基于容器边框姿态确定容器表面姿态可以提供对噪声或其他误差源更为鲁棒的确定。更具体地,噪声不仅可影响部署在容器(例如384)内的物体(例如371)上的位置(例如650<sub>1</sub>至650<sub>3</sub>),而且还可影响物体被部署在其上的容器表面(例如384A-1)上的位置。因此,对于这些位置的深度信息或其他空间结构信息可能是不可靠的。例如,图6C图示了一种情况,其中容器表面384A-1上的位置620<sub>2</sub>、620<sub>3</sub>、620<sub>4</sub>、620<sub>5</sub>、620<sub>6</sub>、620<sub>7</sub>、620<sub>8</sub>、620<sub>9</sub>、620<sub>10</sub>、...620<sub>k</sub>(其可以是由空间结构信息标识的所有位置620<sub>1</sub>至620<sub>n</sub>的子集)受成像噪声的影响,这可能将误差引入这些位置的空间结构信息的对应部分中,并且更具体地将误差引入这些位置的深度信息中。尽管图6B还示出了具有噪声的示例(在位置620<sub>2</sub>至620<sub>6</sub>处),但是图6C示出了在容器表面384A-1处噪声更大的环境的示例。在图6C的示例中,受噪声影响的位置(620<sub>2</sub>至620<sub>k</sub>)可能是空间结构信息对其可用的所有位置(620<sub>1</sub>至620<sub>n</sub>)的很大百分比。噪声可能源于例如存在从容器表面(例如384A-1)反射的信号或从容器表面(例如384A-1)上的物体(例如371/373)反射的信号,其中反射的信号可能相互干扰,并干扰对容器表面(例如384A-1)上的位置的深度值的直接测量。

[0080] 在一些情况下,拥挤的容器(即,包括可能使容器表面模糊的许多个物体的容器)也可能干扰对容器表面(例如384A-1)上的位置的深度值的直接测量。例如,图6D描绘了其中许多物体(诸如物体371-375)被部署在容器表面384A-1上的情况。物体371-375可以覆盖容器表面384A-1的大部分。更具体地,图6E示出了图6D中描绘的示例的空间结构信息。如图6E所示,物体371-375可以覆盖或以其他方式占据容器表面384A-1上的区域652-692。尽管容器表面384A-1的一些部分未被物体371-375覆盖,但是这些部分仍可能受到噪声的影响,因此限制了使用空间结构感测相机371直接对容器表面384A-1进行精确的深度测量的能力。

[0081] 因此,本公开的一个方面涉及使用对应于容器的另一部分(诸如容器边框(例如384A-2))的空间结构信息来间接地确定关于容器表面(例如384A-1)的信息。在实施例中,如上所述,计算系统101可以确定容器边框姿态,并且使用容器边框姿态来确定容器表面姿态。在一些情况下,容器边框(例如384A-2)受噪声或测量误差源的影响较小。即,这些测量误差源可能影响对容器表面(例如384A-1)或部署在容器表面(例如384A-1)上的物体的直

接测量。然而,容器边框(例如384A-2)可以通过容器的一个或多个侧壁(例如,图3D中的侧壁384A-3至384A-5)从容器表面(例如384A-1)偏移,这些侧壁具有高度h,该高度h可导致容器边框(例如384A-2)完全位于物体(例如371、373)的上方。因此,容器边框(例如384A-2)受测量误差源的影响可能要小得多,并且对容器边框(例如384A-2)的直接深度测量比对容器表面(例如384A-1)的直接深度测量要更精确。

[0082] 在实施例中,对容器边框(例如384A-2)的直接测量可以包括对应于容器边框(例如384A-2)上的位置的空间结构信息,并且容器边框姿态可以基于这样的空间结构信息来确定。例如,如图6C所示,空间结构信息可以包括指示容器边框(例如384A-2)上的位置630<sub>1</sub>、630<sub>2</sub>、630<sub>3</sub>、630<sub>4</sub>、...630<sub>n</sub>的相应深度值的深度信息。在一些情况下,计算系统101可以被配置为通过将位置630<sub>1</sub>-630<sub>n</sub>标识为在其之间没有深度上的明显不连续性,并因此将位置630<sub>1</sub>-630<sub>n</sub>标识为属于与相机视野(例如,353)中的其他层分开的共同层,来将这些位置630<sub>1</sub>-630<sub>n</sub>与表示容器的另一个部件的位置(例如,与620<sub>1</sub>至620<sub>n</sub>)区分开。在实施例中,计算系统101可以被配置为通过确定容器边框(例如384A-2)应当位于的估计区域并在估计区域中搜索位置(例如630<sub>1</sub>-630<sub>n</sub>),来将位置630<sub>1</sub>-630<sub>n</sub>标识为属于容器边框(例如384A-2)。例如,计算系统101可以访问关于容器(例如,384A)的结构和容器(例如384A)位于其中的柜子(例如,380)或壳体(例如,381)的结构的既定的或以其他方式已知的信息。该信息可以标识例如容器(例如384A)或柜子380的大小(例如尺寸)、物理配置、形状和/或几何形状。计算系统101可以被配置为基于此信息确定该估计区域。例如,计算系统可以估计容器边框(例如384A-2)应该具有大约600mm的深度值,并且具有大约10mm的误差范围。然后,计算系统101可以在占据深度值在590mm至610mm范围内的空间的估计区域中搜索容器边框(例如384A-2)。

[0083] 如上所述,容器边框姿态可以指示容器边框(例如384A-2)的朝向或容器边框(例如482A-2)上至少一个位置的深度值中的至少一者。在实施例中,计算系统101可以通过确定容器边框(例如384A-2)上的位置(例如630<sub>1</sub>-630<sub>n</sub>)中的一些或所有位置的相应深度值之间的差异(如果有的话)来确定容器边框姿态的朝向。例如,如果位置630<sub>1</sub>-630<sub>n</sub>的相应深度值相同或基本相同,则计算系统101可以确定容器边框384A-2具有相对于空间结构感测相机351或其他参考框架基本平坦的朝向。如果相应深度值根据位置而变化,则计算系统101可以确定表示该变化的斜率。容器边框姿态的朝向可以等于或基于该斜率。

[0084] 在实施例中,计算系统101可以通过确定基本拟合容器边框(例如384A-2)上的为其提供了空间结构信息的位置(例如630<sub>1</sub>至630<sub>n</sub>)中的一些或全部位置的平面来确定容器边框姿态。例如,计算系统101可以为位置(例如630<sub>1</sub>至630<sub>n</sub>)中的每一个位置或这些位置的子集确定3D坐标(例如[x<sub>n</sub>y<sub>n</sub>z<sub>n</sub>]),其中3D坐标可以包括从空间结构信息导出的深度分量(例如z<sub>n</sub>)。计算系统101可以确定最佳地拟合相应3D坐标的平面。例如,该平面可以由方程a(x-x<sub>0</sub>)+b(y-y<sub>0</sub>)+c(z-z<sub>0</sub>)=0表示,其中[x<sub>0</sub>,y<sub>0</sub>,z<sub>0</sub>]可以是容器边框(例如384A-2)上位置之一(例如630<sub>1</sub>)的3D坐标,并且[x y z]可以表示容器边框(例如384A-2)上一些或所有剩余位置(例如630<sub>2</sub>至630<sub>n</sub>)的3D坐标。计算系统101可以基于上述坐标生成一组联立方程,并且针对最佳地满足联立方程的系数a、b、c求解它们。在这样的示例中,计算系统101可以确定容器边框姿态的朝向等于或基于平面的特性,诸如其斜率或法线向量(例如,平行于<a b c>的向量)。

[0085] 如上所述,计算系统101可以基于容器边框姿态来确定容器表面姿态。在一些情况下,这样的确定可以基于容器边框(例如384A-2)和容器表面(例如384A-1)之间的既定距离。该既定距离可以是例如形成容器边框(例如384A-2)的一个或多个侧壁(例如,图3D的384A-3至384A-3)的高度h。在一些情况下,既定距离可以是存储在计算系统101可访问的非暂时性计算机可读介质(例如120)上的已知值。

[0086] 如上进一步所述,容器表面姿态可以描述容器表面(例如384A-1)的朝向或容器表面上(例如384A-1)的位置的深度值中的至少一者。在一些情况下,计算系统101可以基于容器边框姿态的朝向来确定容器表面姿态的朝向。更具体地,计算系统101可以确定容器表面(例如384A-1)的朝向等于或基于容器边框(例如384A-2)的朝向。这样的确定可以基于容器边框(例如384A-2)与容器表面(例如384A-1)平行的假设。

[0087] 作为示例,如上所述,计算系统101可以确定定义容器边框姿态的朝向的第一平面,并使用第一平面来确定定义容器表面姿态的朝向的第二平面。例如,图6F示出了第一平面684A-2,其可以基于用于容器边框384A-2上的位置(例如630<sub>1</sub>至630<sub>n</sub>)的空间结构信息来确定,并且其可以定义容器边框384A-2的朝向。计算系统101可以被配置为基于第一平面684A-2来确定第二平面684A-1,其中第二平面684A-1可以定义容器表面384A-1的朝向。在一些情况下,第一平面684A-2和第二平面684A-1可以彼此平行并且偏移既定距离h。例如,如上所述,如果第一平面684A-2由方程 $a(x-x_0)+b(y-y_0)+c(z-z_0)=0$ 定义,则计算系统101可以确定第二平面684A-1要由方程 $a(x-x_0)+b(y-y_0)+c(z-z_0-h)=0$ 定义。

[0088] 在实施例中,计算系统101可以使用第二平面684A-1来确定或表示容器表面384A-1上的位置的相应深度值,因为容器表面384A-1上的位置可能落在平面684A-1上或基本接近平面684A-1。作为示例,如果计算系统101接收容器表面384A-1上的位置的2D分量或2D坐标(例如,[x y]坐标),则其可以被配置为确定平面684A-1上对应于此2D分量的3D坐标,并基于该3D坐标的深度分量(例如z分量)来确定此位置的深度值。更具体地,计算系统101可以确定满足方程 $a(x-x_0)+b(y-y_0)+c(z-z_0-h)=0$ 的3D坐标[x y z],其中x和y可以属于接收到的2D分量,并且其中z可以是3D坐标的深度分量。因此,从容器边框384A-2确定的信息可以被用于做出关于容器表面384A-1的朝向和/或深度的可靠确定。

[0089] 返回图4,在实施例中,方法400可以包括步骤406,其中计算系统101基于容器姿态来确定物体姿态。该步骤可以由例如图2C的物体检测模块204执行。在此实施例中,物体姿态可以描述部署在容器(例如384A)内的物体(例如图3A至图3C的371/373)的朝向或物体的至少一部分的深度值中的至少一者。在一些情况下,该物体可以是需要机器人交互的目标物体。物体的部分可以是指,例如,物体的表面(例如,顶表面)上的位置和/或物体的物理特征,诸如顶表面的角或边缘。

[0090] 在实施例中,用于确定物体姿态的容器姿态可以是容器表面姿态。例如,计算系统101可以确定物体姿态的朝向等于或基于容器表面姿态的朝向。更具体地,计算系统101可以确定物体(例如371)的朝向等于容器表面(例如384A-1)的朝向。

[0091] 在一些情况下,计算系统101可以确定物体(例如371/373)的朝向是基于容器表面(例如384A-1)的朝向的。例如,计算系统101可以确定物体(例如371/373)的朝向等于物体被部署其上的容器表面(例如384A-1)的朝向。这样的确定可以基于诸如商品盒的物体正端坐(sitting flush)在容器表面(例如384A-1)上的假设。

[0092] 在一些情况下,计算系统101可以基于容器表面(例如,384A-1)上的对应位置的深度值来确定物体上的位置(也被称为物体位置)的深度值。该对应位置可以是物体在容器表面(例如384A-1)上所处的位置,或者更一般地具有与物体位置相同的2D分量或2D坐标。在一些情况下,该确定可以基于物体(例如371)的既定大小(诸如既定高度 $h_{\text{物体}}$ ),该既定大小可以存储在计算系统101可访问的非暂时性计算机可读介质(例如120)中。如果物体位置在物体(例如371)的顶表面上,则计算系统101可以确定物体位置与容器表面(例如384A-1)上的位置以既定高度 $h_{\text{物体}}$ 分开。例如,如果容器表面(例如384A-1)上的位置具有3D坐标[x y z<sub>表面</sub>],则计算系统101可以确定物体位置具有3D坐标[x y z<sub>表面</sub>± $h_{\text{物体}}$ ]。在这样的示例中,计算系统101可以初始地确定物体位置的2D分量,并且使用该2D分量来确定3D坐标[x y z<sub>表面</sub>],该3D坐标[x y z<sub>表面</sub>]可以例如基于求解平面684A-1的方程或更一般地基于容器表面姿态来确定,如上所述。然后,计算系统101可以将物体位置的深度值确定为等于或基于z<sub>表面</sub>± $h_{\text{物体}}$ 。即使在具有大量成像噪声的环境中,这样的技术也提供了一种精确地确定物体(例如371)的朝向和/或深度值的鲁棒的方式。这样的成像噪声可能会阻止空间结构感测相机(例如351)以精确的方式直接测量物体的深度。然而,计算系统101可以通过使用容器的空间结构信息来进行间接测量以确定容器表面姿态并确定容器表面上的对应位置的深度值。然后物体的深度值可以基于容器表面上的对应位置的深度值来推断。

[0093] 在一些情况下,步骤406可以在包括诸如图7A的条形码感测设备352的物体标识符感测设备的环境中执行。条形码感测设备352(其可以是物体标识符感测设备152的实施例)可以被安装到机械臂(例如363)或固定的安装点。条形码感测设备352可以具有视野355(也被称为读取器视野),并且可以被配置为感测部署在部署在容器(例如384A)内的物体(例如371/373)上的条形码或某个其他物体标识符(如果有的话)。例如,图7B提供了其中条形码711被部署在物体371上并且条形码713设置在物体373上的示例。如上所述,物体标识符信息可以被配置为生成感测到的物体标识符信息。在图7B的示例中,条形码感测设备352可以被配置为生成感测到的条形码信息,该信息可以描述条形码711/713的位置、编码到条形码711/713中的信息、或关于条形码711/713的任何其他信息。编码到条形码711/713中的信息可以描述条形码被部署在其以上的物体371/373,诸如物体711/713的身份或物体711/713的大小。

[0094] 在一些情况下,计算系统101可以被配置为确定编码到条形码(例如711/713)或其他物体标识符的信息是否与计算系统101接收到的物体标识信息相匹配。例如,计算系统101可以接收物体标识信息(诸如库存单位(SKU)编号和/或通用产品代码(UPC)),该物体标识信息标识特定物品(诸如商品)以供机器人(例如361)取回。在这样的情况下,计算系统101可以被配置为确定容器(例如384A)中的任何物体是否具有与物体标识信息匹配的条形码(例如711/713)或部署在其上的其他物体标识符,或更具体地,编码到条形码(例如711)或其他物体标识符中的信息是否与物体标识信息匹配。如果存在编码的信息与物体标识信息匹配的条形码(例如711)或其他物体标识符,则计算系统101可以使用该条形码以例如确定与在其上部署该条形码(例如711)或其他物体标识符的物体(例如371)相关联的一个或多个位置的2D分量。

[0095] 在实施例中,计算系统101可以被配置为确定物体标识符位置,诸如条形码位置。条形码位置可以描述条形码(例如711/713)(诸如与物体标识信息匹配的条形码)的2D位

置。在一些情况下，物体标识符的2D位置可以由2D坐标(也被称为2D物体标识符坐标)表示。如果物体标识符是条形码，则2D物体标识符坐标可以是2D条形码坐标。例如，计算系统101可以被配置为确定表示图7B中的条形码711的位置的2D条形码坐标 $[x_{\text{条形码A}}, y_{\text{条形码A}}]$ ，并且确定表示条形码713的位置的2D条形码坐标 $[x_{\text{条形码B}}, y_{\text{条形码B}}]$ 。在一些情况下，二维条形码坐标可以由图7A的条形码感测设备352或由某个其他物体标识符感测设备生成。如上所述，可以为与上述物体标识信息匹配的条形码确定条形码位置。例如，如果计算系统101确定编码到物体371上的条形码711中的信息与接收到的SKU编号匹配，则计算系统101可以确定条形码711的位置的2D条形码坐标 $[x_{\text{物体A,条形码}}, y_{\text{物体A,条形码}}]$ 。

[0096] 在实施例中，计算系统101可以使用编码到条形码(例如711)或其他物体标识符的信息来确定关于条形码被部署在其上的物体(例如371)的大小或其他信息。例如，条形码711或其他物体标识符可以对上述物体371的高度 $h_{\text{物体}}$ 、物体371的长度或宽度进行编码，或者对关于物体371的大小(也被称为物体大小)的任何其他信息进行编码。高度 $h_{\text{物体}}$ 可以被用于确定物体371上的位置的深度值，如上所述。

[0097] 在实施例中，计算系统101可以被配置为使用与物体标识符相关联的感测到的物体标识符信息(例如，与条形码711相关联的感测到的条形码信息)来确定物体标识符被部署在其上的物体(例如371)的一个或多个2D位置，或更具体地，确定物体(例如371)上的一个或多个相应位置的一个或多个2D坐标(例如371)。2D物体坐标可以与上述深度值组合以计划机器人与物体的交互(也被称为2D物体坐标)。在一些情况下，2D物体坐标可以近似于物体(例如371)的轮廓，诸如物体的顶表面的2D边界。

[0098] 在实施例中，可以基于空间结构信息来确定物体位置的2D物体坐标。例如，空间结构信息可以是表示从相机视野(例如353)中的环境感测到的一个或多个表面上的多个位置的点云。例如，由点云表示的位置可以是图6A至图6C和图7C所示的那些，诸如容器表面(例如384A-1)、物体(371、373)表面和容器边框(例如384A-2)的表面上的各种位置集合610-660。在这样的实施例中，计算系统101可以被配置为使用感测到的物体标识符信息(诸如感测到的条形码信息)来搜索点云以确定至少一组一个或多个2D物体坐标。2D物体坐标可以是例如表示相应物体位置的 $[x \ y]$ 坐标。例如，2D物体坐标可以是表示图7C中的物体371上的物体位置650<sub>1</sub>至650<sub>4</sub>中的一些或全部位置或者物体373上的物体位置660<sub>1</sub>至660<sub>5</sub>中的一些或全部位置的相应2D坐标。2D物体坐标可以与对应的深度值或物体的朝向组合以生成用于与物体(例如371/373)进行交互的移动命令，如下文更详细地讨论。

[0099] 在实施例中，可以基于空间结构信息并且基于物体标识符的位置(或者更具体地，其2D物体标识符坐标)，来确定物体位置的2D物体坐标。如果物体标识符是条形码，则2D物体坐标可以基于空间结构信息和条形码的位置来确定。更具体地，条形码的位置(例如，2D条形码坐标)可以被用于缩减空间结构信息的要在其中搜索2D物体坐标的那一部分。更具体地，搜索可以限于空间结构信息的一部分，该部分对应于围绕物体标识符的位置(或更具体地，条形码的位置)的区域。例如，为了搜索物体371上的2D位置，计算系统101可以确定图7C的区域721，该区域721围绕图7B的条形码711的条形码位置。即，区域721围绕2D条形码坐标 $[x_{\text{物体A,条形码}}, y_{\text{物体A,条形码}}]$ 。在一些情况下，区域721可以是2D区域或3D区域。

[0100] 在实施例中，计算系统101可以被配置为搜索空间结构信息的对应于区域721的一部分，以标识与对应于物体711的物体位置，或更具体地，搜索落在物体711上的位置。因此，

计算系统101不是搜索图7C中描绘的由空间结构信息表示的所有位置，而是可以搜索由空间结构信息表示的这些位置的子集。更具体地，位置的子集可以是区域721中的那些位置。计算系统101可以被配置为通过例如标识与容器表面384A-1上的周围位置在深度上具有足够明显的位置来搜索物体371上的位置。在一些情况下，计算系统101可以确定物体上的位置的2D物体坐标。例如，如果空间结构信息提供了落在物体371上的位置650<sub>1</sub>的[x y z]坐标，则计算系统101可以将[x y]确定为物体位置的2D物体坐标。尽管在此示例中，空间结构信息还可以提供该位置的z分量，但是如上所述，由于噪声，z分量可能不可靠。更具体地，z分量可能具有足够的精度以使计算系统101区分物体371上的位置和周围容器表面384A-1上的位置，但是可能缺乏足够的精度来计划机器人与物体371的交互。因此，如上面进一步讨论的，计算系统101可以使用容器姿态来确定物体位置650<sub>1</sub>（或更一般地具有2D物体坐标或2D分量[x y]的物体位置）的相应深度值。在一些情况下，例如物体位置650<sub>1</sub>的2D物体坐标与该位置的对应深度值可以被组合以形成该物体位置的更可信赖的3D坐标。

[0101] 图7C还描绘了围绕2D物体标识符坐标（或更具体地，条形码713的2D条形码坐标[x<sub>物体B,条形码</sub>, y<sub>物体B,条形码</sub>]）的区域723。计算系统101可以被配置为搜索区域723以确定物体373的物体位置。在实施例中，区域721/723可以具有既定固定尺寸。在实施例中，区域721/723可以具有基于物体371/373的物体大小的大小。

[0102] 在实施例中，物体（例如371）的物体位置可以基于该物体的物体大小来确定，该物体大小可以例如被编码到部署在物体上的条形码（例如711）或其他物体标识符中。例如，物体大小可以指示物体（例如371）的长度和宽度。计算系统101可以被配置为基于物体大小来估计表示例如物体（例如371）的边缘或其他边界的2D坐标。作为示例，计算系统101可以基于物体的长度或宽度来估计物体的特定边缘与条形码位置或其他物体标识符位置相距一定距离。计算系统101可以使用该距离来确定指示该特定边框位于何处的2D坐标。

[0103] 在实施例中，2D物体标识符坐标（诸如条形码位置的2D条形码坐标）可以基于由物体标识符感测设备（例如，图7A的条形码感测设备352）感测到的信息来确定。例如，条形码感测设备（例如352）可以生成[x y]坐标作为2D条形码坐标，并且将[x y]坐标传送给计算系统101。如果必要，计算系统101可以被配置为将[x y]坐标从在物体标识符感测设备（例如，条形码感测设备352）的坐标系中表示转换为在另一个坐标系（诸如空间结构感测相机（例如，351）的坐标系）中表示。如上所述，在一些情况下，物体标识符感测设备（例如，条形码感测设备352）可以包括2D相机（例如，图1E的153）。在这样的情况下，物体标识符感测设备（例如，条形码感测设备352）可以被配置为捕获2D图像。例如，图7B可以表示2D图像，该2D图像表示条形码感测设备352的视野（例如355）。物体标识符感测设备（例如条形码感测设备352）和/或计算系统101可以被配置为从2D图像中检测条形码（例如711/713）或其他物体标识符，并基于物体标识符（例如条形码711/713）在2D图像中出现的位置来确定2D物体标识符坐标。

[0104] 在实施例中，如果2D图像被生成，则它可以被用于确定2D物体坐标。例如，如果计算系统101接收到2D图像，则它可以被配置为检测出现在2D图像中的物体（例如371）的边缘或其他边界，并基于该边缘在2D图像中出现的位置来确定表示物体的2D物体坐标。在一些情况下，计算系统101可以被配置为将其对边缘或其他边界的搜索限制为2D图像的仅一部分。在这样的情况下，在其中执行搜索的2D图像的该一部分可以基于物体标识符位置，诸如

部署在物体的条形码(例如711)的条形码位置,或基于该条形码在2D图像中出现的位置。

[0105] 在实施例中,计算系统101可以被配置为基于物体标识符位置(诸如相邻的条形码的条形码位置)来估计物体的2D位置。相邻条形码未被部署在物体上,并且可被部署在相邻的物体上。例如,图8示出了物体377被部署在容器384A内并且该物体上没有部署条形码的情况。在此示例中,计算系统101可以被配置为使用分别部署在相邻物体371、373、376上的条形码711、713、716的2D条形码位置,以三角测量(triangulate)或以其他方式确定物体377的2D位置。例如,计算系统101可以被配置为确定其边界分别由条形码711、713、716的2D条形码坐标 $[x_{物A,条形码}, y_{物A,条形码}]$ 、 $[x_{物B,条形码}, y_{物B,条形码}]$ 、 $[x_{物C,条形码}, y_{物C,条形码}]$ 定义的区域,并在该区域搜索物体377。更具体地,计算系统101可以在空间结构信息的对应于该区域的一部分搜索落在物体377上的位置。

[0106] 在实施例中,如果条形码感测设备(或某个其他物体标识符感测设备)和/或空间结构感测相机附接到机械臂(例如,图3A的353),则计算系统101可以被配置为通过引起机械臂移动来控制设备/相机(例如352/351)的放置。例如,计算系统101可以被配置为生成并输出传感器移动命令,以使机械臂363将物体标识符感测设备(例如,条形码感测设备352)和/或空间结构感测相机(例如351)移动至期望的位置和/或朝向。传感器移动命令可以例如使设备(例如352/351)被移动到既定接近度内的位置。在一些情况下,既定接近度可以基于物体标识符感测设备的焦距。更具体地,传感器移动命令可以使物体标识符感测设备被移动到足够接近容器(例如384A)中的物体,使得物体上的任何条形码(例如711)都将在物体标识符感测设备的焦距之内。在实施例中,在步骤402中接收到的空间结构信息和感测到的条形码信息或其他物体标识符信息可以在由于传感器移动命令而已经移动了设备(例如352/351)之后生成。

[0107] 在实施例中,传感器移动命令可以使空间结构信息和/或条形码感测设备(或任何其他物体标识符感测设备)在一接近范围内被移动,使得空间结构信息和/或感测到的条形码信息仅表示或覆盖容器表面(例如384A-1)的一部分。例如,图9示出了其中容器表面(例如384A-1)的仅一部分或更一般地容器(例如384A)的一侧的一部分被空间结构感测相机351和/或条形码感测设备352捕获的情况。即,在这样的接近度下,容器表面(例如384A-1)的仅一部分可以处于相机视野(例如353)或读取器视野(例如355)中。可能不必捕获整个容器表面(例如384A-1)或整个容器(例如384A)的信息。而是,仅捕获容器(例如384A)的一部分可以允许计算系统101专注于容器(例如384)的特定部分,诸如其右半部分,并且更具体地,专注于检测此部分中的物体。在一些情况下,计算系统101可以限制空间结构感测相机(例如351)和/或物体标识符感测设备(例如条形码感测设备352)被移动多少次或相机/设备(例如351/352)被移动到多少个位置以捕获关于特定容器(例如384A)的信息。例如,相机/设备(例如351/352)可以仅被移动到单个位置一次,以捕获特定容器的快照。

[0108] 在实施例中,计算系统101可以被配置为通过将容器表面(例如384A-1)上的不同区域与不同段相关联来执行特定容器(例如384A)的分割。例如,图10描绘了容器表面384A-1可以被虚拟地划分为段1001至1006的情况。在此情况下,计算系统101可以被配置为接收与物体相关联的容器段标识符。在一个示例中,计算系统101可以接收容器段标识符,该容器段标识符标识段1006或者更具体地指示期望与被部署在段1006内的物体(例如371)的机器人交互。在实施例中,计算系统101可以被配置为确定容器表面(例如384A-1)上与容器段

标识符相关联的位置。在一些情况下,确定这些位置可以包括确定它们的深度值,这可以涉及使用容器边框姿态或容器表面姿态中的至少一者,如上所述。

[0109] 在实施例中,方法400可以包括步骤408,其中计算系统101输出移动命令以引起机器人与物体(例如371/373)交互,诸如机械臂(例如363)抓取或以其他方式拾取物体。这样的移动命令也可以被称为物体移动命令。在一些情况下,步骤408可以由图2C的运动计划模块206执行,该运动计划模块206可以被配置为例如生成物体移动命令、上述传感器移动命令和容器移动命令(将在下面讨论)。物体移动命令可以由计算系统101基于例如在步骤406中确定的物体姿态(诸如物体(例如371)的朝向或深度值)来生成。例如,物体移动命令可以被确定以使机械臂(例如363)上的机械手或其他末端执行器被移动到用于操纵物体(例如371)或以其他方式与物体(例如371)交互的范围内,以及被移动到与物体(例如371)的朝向相匹配的朝向。在实施例中,该移动命令可以引起例如将末端执行器部署在这样的位置和/或朝向上的旋转或其他致动。在一些情况下,移动命令可以基于上述2D物体坐标及其对应深度值生成,该深度值由物体姿态提供。例如,物体移动命令可以被生成以使末端执行器接近2D物体坐标达到既定接近度,这允许末端执行器操纵物体(例如371)或以其他方式与物体(例如371)交互。

[0110] 在实施例中,物体移动命令可以被确定以避免碰撞事件。碰撞事件可以表示正被移动的物体(例如371)与例如形成容器边框(例如384A-2)的容器侧壁(例如图3D的384A-5)或其他容器边界之间的碰撞。在一些情况下,计算系统101可以被配置为确定避免这样的碰撞事件的物体移动路径。物体移动路径可以是正被移动的物体(例如371)的移动路径。物体移动命令可以基于物体移动路径来生成。在一些情况下,在步骤406中对物体姿态的精确确定可以促进这样的碰撞避免。

[0111] 如上所述,在一些实施例中,方法400可以在容器(例如384A)已经处于打开的位置的情况下(诸如图3C所示)开始。在实施例中,方法400可以在容器(例如384A)处于关闭位置的情况下(诸如图3A和图11A所示)开始。在这样的实施例中,方法400可以包括计算系统101控制机械臂(例如363)以将容器(例如384A)移动到打开的位置的步骤。这样的容器打开步骤可以在在步骤402中接收到空间结构信息之前发生。

[0112] 例如,图11A和11B示出了容器384A处于关闭位置的情况。在这样的情况下,空间结构感测相机351可以被配置为生成描述容器384A的外表面384A-7或更具体地描述外表面384A-7上的位置的空间结构信息。在此示例中,空间结构信息可以与步骤402的空间结构信息不同,步骤402的空间结构信息涉及打开的容器情况。计算系统101可以被配置为基于描述外表面384A-7的空间结构信息来确定表示容器384A的手柄384A-6的一个或多个位置。此外,计算系统101可以被配置为生成并输出容器移动命令以使机械臂363将容器384A从关闭位置移动到打开的位置。容器移动命令可以基于表示手柄384A-6的一个或多个位置(也被称为容器手柄位置)来生成。更具体地,如图11B和11C所示,容器移动命令可以使机械臂363的机械手363D或其他末端执行器拉动手柄384A-6,以便将容器384A滑动到打开的位置。在容器384A处于打开的位置之后,在一些情况下,空间结构感测相机351可以被移动到另一个位置(例如,经由传感器移动命令)以捕获关于容器表面和被部署在其上的物体的空间结构信息,之后物体姿态可以被确定,并且物体可以基于物体姿态被移动(例如,经由物体移动命令)。

[0113] 各种实施例的附加讨论：

[0114] 实施例1涉及一种包括通信接口和至少一个处理电路的计算系统。通信接口被配置为与具有机械臂的机器人通信，所述机械臂具有部署在所述机械臂上的空间结构感测相机，其中所述空间结构感测相机具有相机视野。至少一个处理电路被配置为当容器内的物体在所述容器处于打开的位置时处于或已经处于所述相机视野中时执行以下操作：接收包括所述相机视野中的环境的深度信息的空间结构信息，其中所述空间结构信息是由所述空间结构感测相机生成的；基于所述空间结构信息确定容器姿态，其中所述容器姿态用于描述所述容器的朝向或所述容器的至少一部分的深度值中的至少一者；基于所述容器姿态来确定物体姿态，其中所述物体姿态用于描述所述物体的朝向或所述物体的至少一部分的深度值中的至少一者；输出用于导致机器人与所述物体交互的移动命令，其中所述移动命令是基于所述物体姿态生成的。

[0115] 实施例2包括实施例1的计算系统。在此实施例中，所述至少一个处理电路被配置为将所述容器姿态确定为用于描述以下各项中的至少一者的容器表面姿态：所述物体被部署在其上的容器表面的朝向，或所述容器表面上的至少一个位置的深度值。

[0116] 实施例3包括实施例2的计算系统，其中，当所述容器是具有从所述容器表面偏移的容器边框的抽屉时，所述至少一个处理电路被配置为确定用于描述以下各项中的至少一者的容器边框姿态：所述容器边框的朝向或所述容器边框上的至少一个位置的深度值，其中所述容器边框姿态是基于所述空间结构信息而确定的，并且其中所述容器表面姿态是基于所述容器边框姿态以及基于所述容器边框与所述容器表面之间的既定距离而确定的。

[0117] 实施例4包括实施例2或3的计算系统。在此实施例中，所述至少一个处理电路被配置为：接收与所述物体相关联的容器段标识符，其中所述容器段标识符用于标识所述容器表面的段，以及确定与所述容器段标识符关联的位置，其中所述确定是基于所述容器表面姿态的。

[0118] 实施例5包括实施例3或4的计算系统。在此实施例中，所述至少一个处理电路被配置为确定避免碰撞事件的物体移动路径，其中所述碰撞事件表示所述物体与形成所述容器边框的容器边界之间的碰撞，并且其中所述移动命令是基于所述物体移动路径而生成的。

[0119] 实施例6包括实施例1-5中任一项的计算系统。在此实施例中，当物体标识符被部署在所述物体上时，所述至少一个处理电路被配置为：确定用于描述所述物体标识符的2D位置的物体标识符位置；以及基于所述物体标识符位置和所述空间结构信息，确定一组一个或多个物体位置的集合，所述一组一个或多个物体位置是表示所述物体的一个或多个位置，其中，所述移动命令是基于所述一组一个或多个物体位置而生成的。

[0120] 实施例7包括实施例6的计算系统。在此实施例中，所述至少一个处理电路被配置为确定围绕所述物体标识符位置的区域，以及通过搜索所述空间结构信息的一部分来确定所述一组一个或多个物体位置，所述空间结构信息的所述一部分对应于所确定的围绕所述物体标识符位置的区域。

[0121] 实施例8包括实施例7的计算系统。在此实施例中，所述空间结构信息包括表示从所述相机视野中的所述环境感测到的一个或多个表面上的多个位置的点云，其中，从其搜索所述一组一个或多个物体位置的所述空间结构信息的所述一部分包括所述多个位置的位于所确定的围绕所述物体标识符位置的区域内的子集。

[0122] 实施例9包括实施例6-8中任一项的计算系统。在此实施例中,所述至少一个处理电路被配置为:确定至少一个2D物体标识符坐标,所述至少一个2D物体标识符坐标是用于表示所述物体标识符的位置的2D坐标;以及基于所述2D物体标识符坐标,至少确定一组一个或多个2D物体坐标,其中所述一个或多个2D物体坐标是用于表示所述一个或多个物体位置的一个或多个相应的2D坐标,其中所述移动命令是基于所述一组一个或多个2D物体坐标以及基于所述物体的朝向和深度值而生成的。

[0123] 实施例10包括实施例6-9中任一项的计算系统。在此实施例中,所述至少一个处理电路被配置为基于编码在所述物体标识符中的信息来确定物体大小,其中所述一个或多个物体位置表示所述物体的边界并且是基于所述物体大小而确定的。

[0124] 实施例11包括实施例6-10中任一项的计算系统。在此实施例中,所述至少一个处理电路被配置为接收与所述物体相关联的物体标识信息,以及确定编码在所述物体标识符中的信息是否与所述物体标识信息匹配。

[0125] 实施例12包括实施例6-11中任一项的计算系统。在此实施例中,当物体标识符感测设备被部署在所述机械臂上时,所述至少一个处理电路被配置为基于由所述物体标识符感测设备感测到的信息来确定所述物体标识符位置。

[0126] 实施例13包括实施例12的计算系统。在此实施例中,所述移动命令是用于使所述机器人移动所述物体的物体移动命令,其中所述至少一个处理电路被配置为输出传感器移动命令以使所述机械臂将所述物体标识符感测设备移动到与所述容器的既定接近度内,其中所述物体标识符位置是在输出所述传感器移动命令之后确定的。

[0127] 实施例14包括实施例13的计算系统。在此实施例中,所述传感器移动命令还用于使所述机械臂将所述空间结构感测相机移动到与所述容器的所述既定接近度内,其中所述空间结构信息是当所述空间结构感测相机位于与所述容器的所述既定接近度内时生成的,并且表示所述物体被部署在其上的容器表面的一部分。

[0128] 实施例15包括实施例13或14的计算系统。在此实施例中,当所述容器处于关闭位置并包括手柄时,所述至少一个处理电路被配置为:接收用于描述所述容器的外表面上的位置的附加空间结构信息,基于所述附加空间结构信息,确定用于表示所述手柄的一个或多个手柄位置,以及输出用于使所述机械臂将所述容器从所述关闭位置移动到所述打开的位置的容器移动命令,其中所述容器移动命令是基于所述一个或多个手柄位置而生成的,并且其中所述传感器移动命令和所述物体移动命令是在所述容器移动命令之后输出的。

[0129] 对于相关领域的普通技术人员将清楚的是,在不脱离任何实施例的范围的情况下,可以对本文描述的方法和应用进行其他适当的适应和修改。上述实施例是说明性示例,并且不应解释为将本发明限于这些特定实施例。应当理解,本文公开的各种实施例可以与说明书和附图中具体呈现的组合不同的组合来组合。还应当理解,根据示例,本文描述的任何过程或方法的某些动作或事件可以以不同的顺序执行,可以被添加,合并或完全省去(例如,所有描述的行为或事件对于执行这些方法或过程可能不是必需的)。另外,尽管为了清楚起见,本文的实施例的某些特征被描述为由单个部件、模块或单元执行,但是应当理解,本文描述的特征和功能可以由部件、单元或模块的任何组合来执行。因此,在不脱离所附权利要求书所限定的本发明的精神或范围的情况下,本领域技术人员可以实现各种改变和修改。

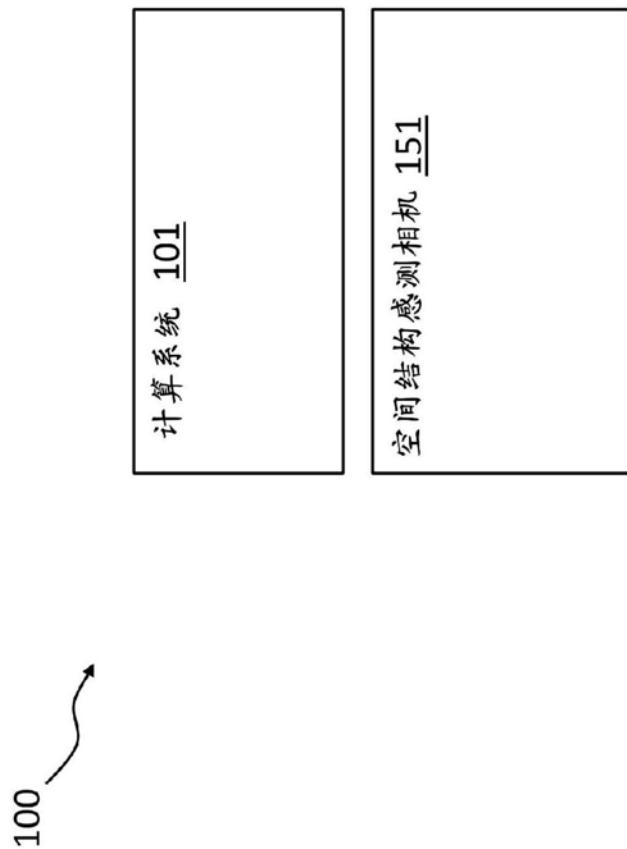


图1A

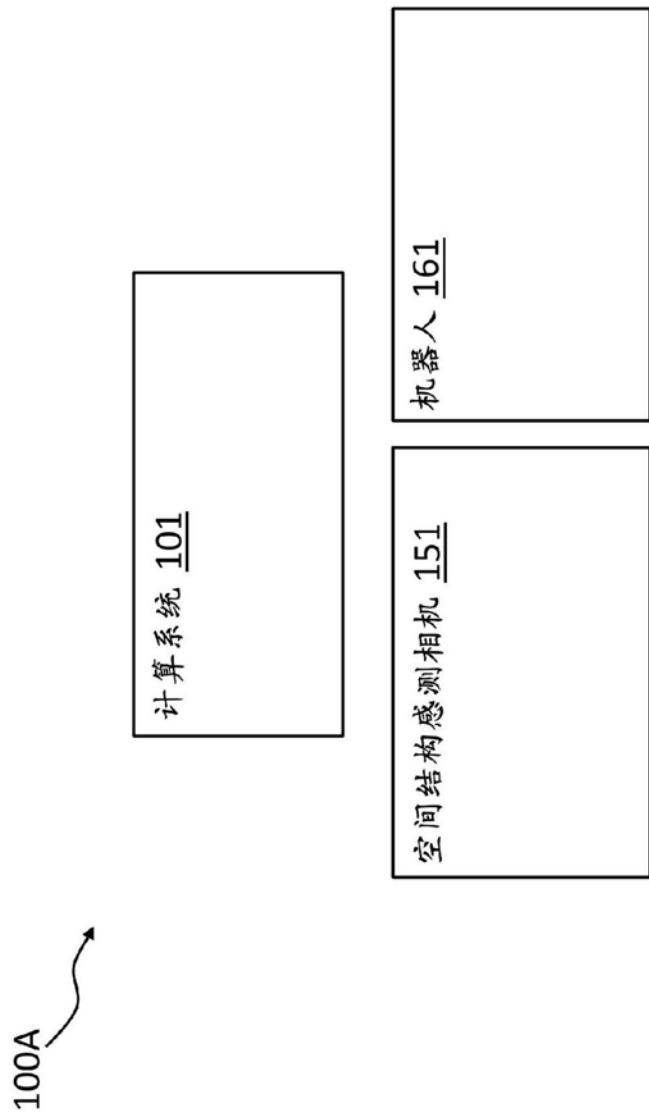


图1B

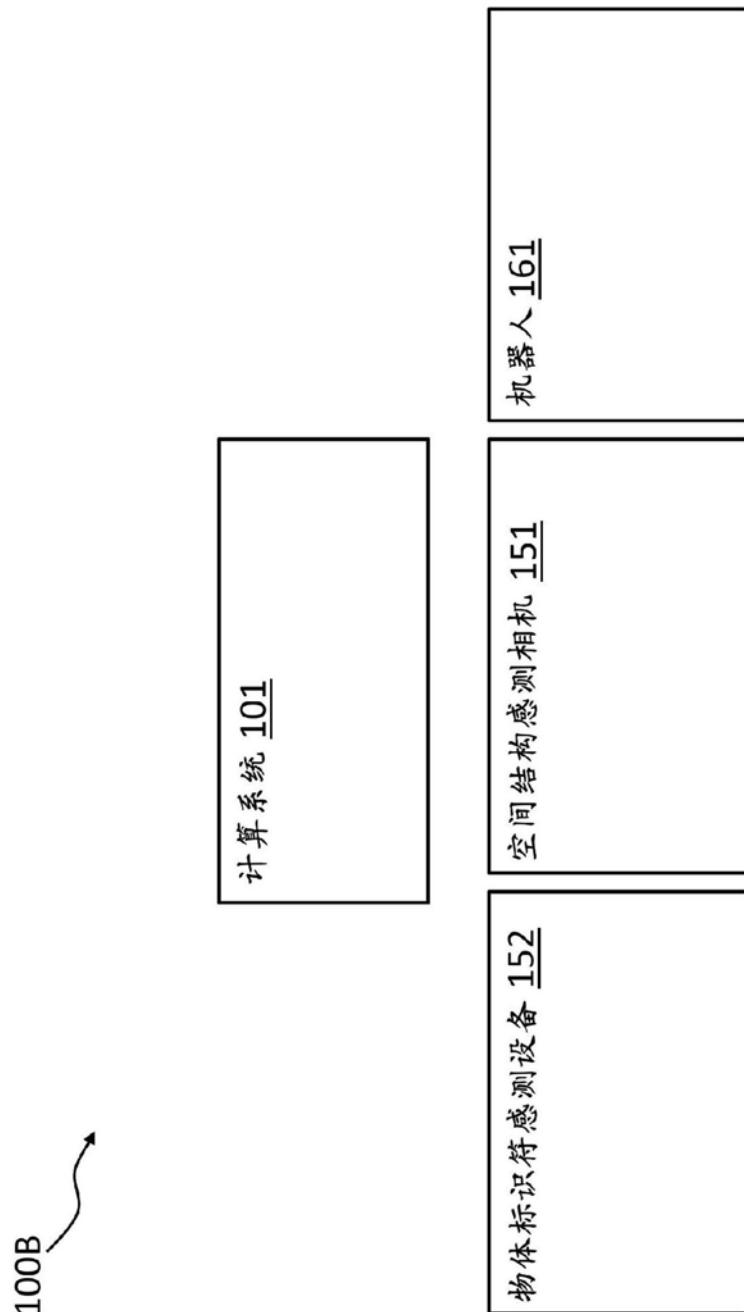


图1C

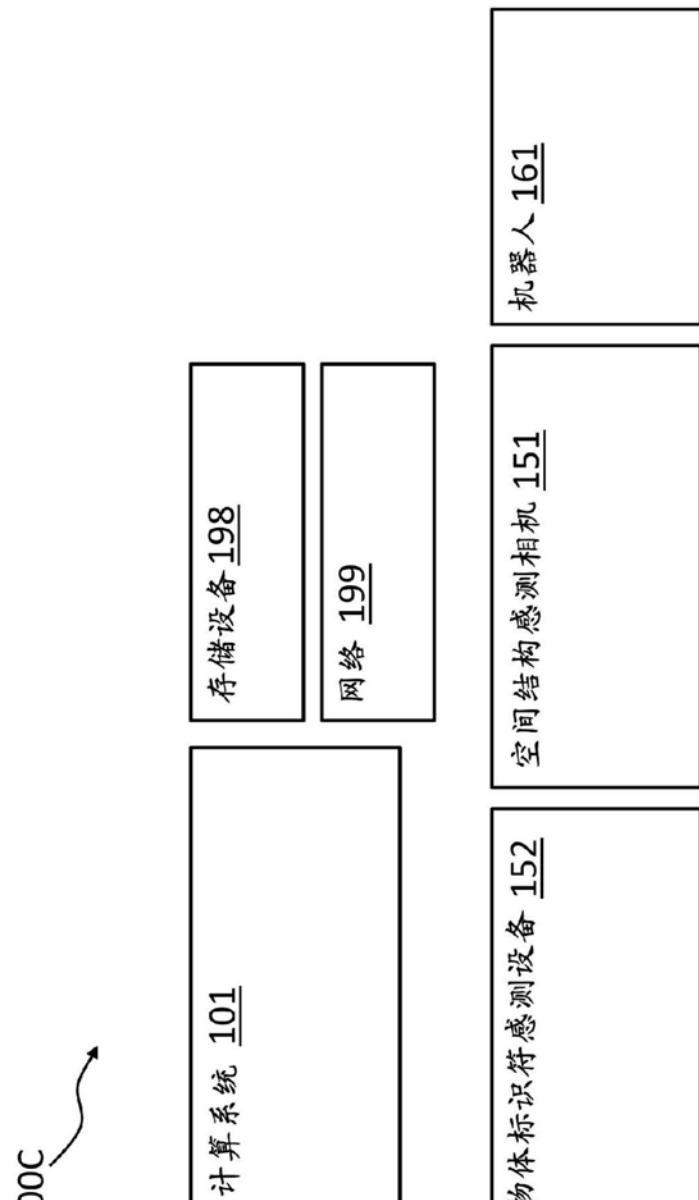


图1D

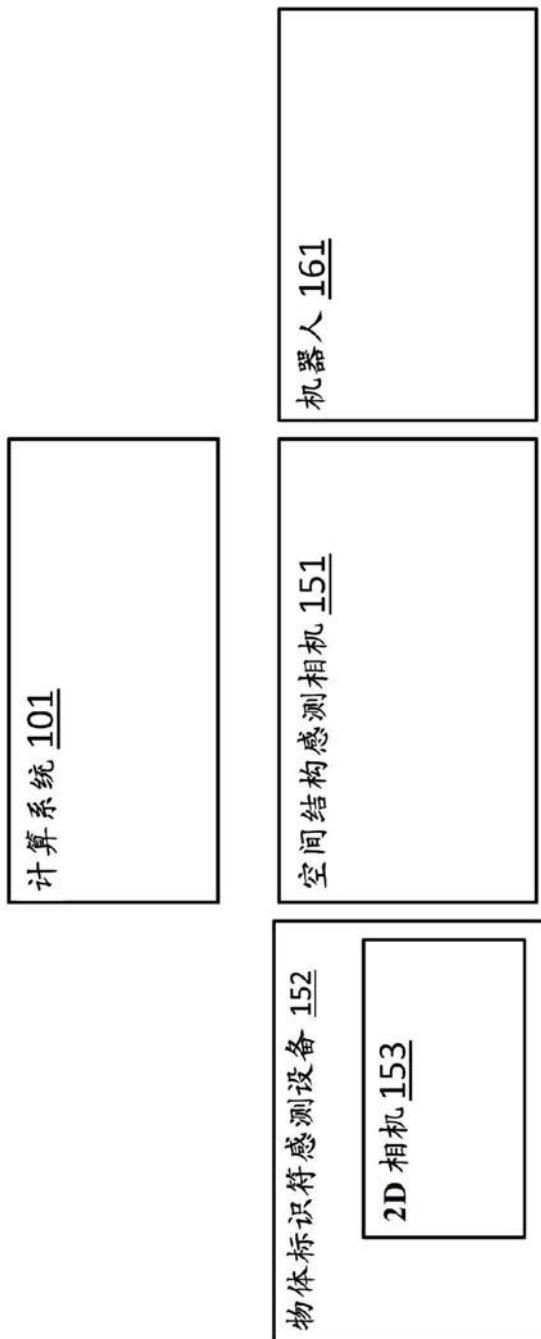


图1E

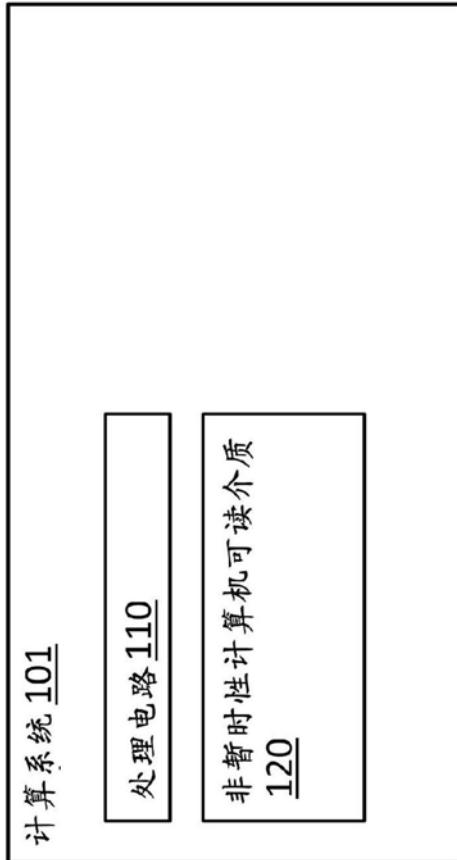


图2A

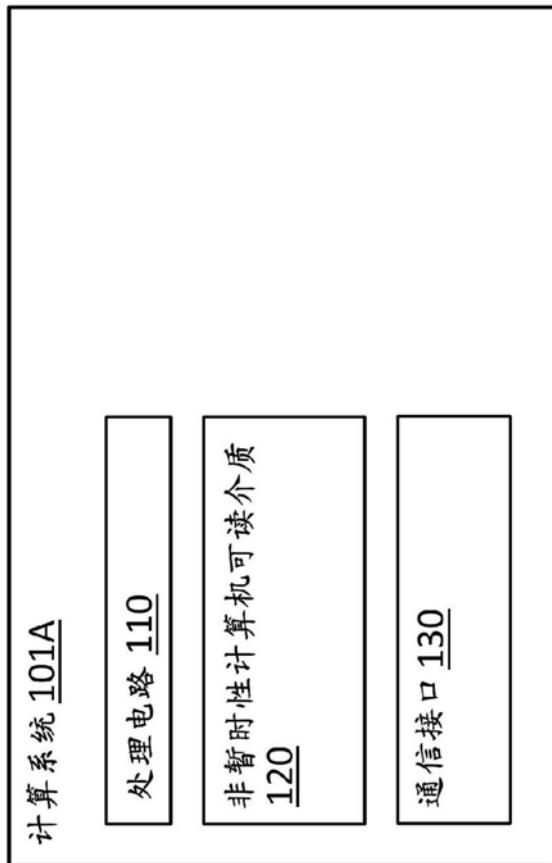


图2B

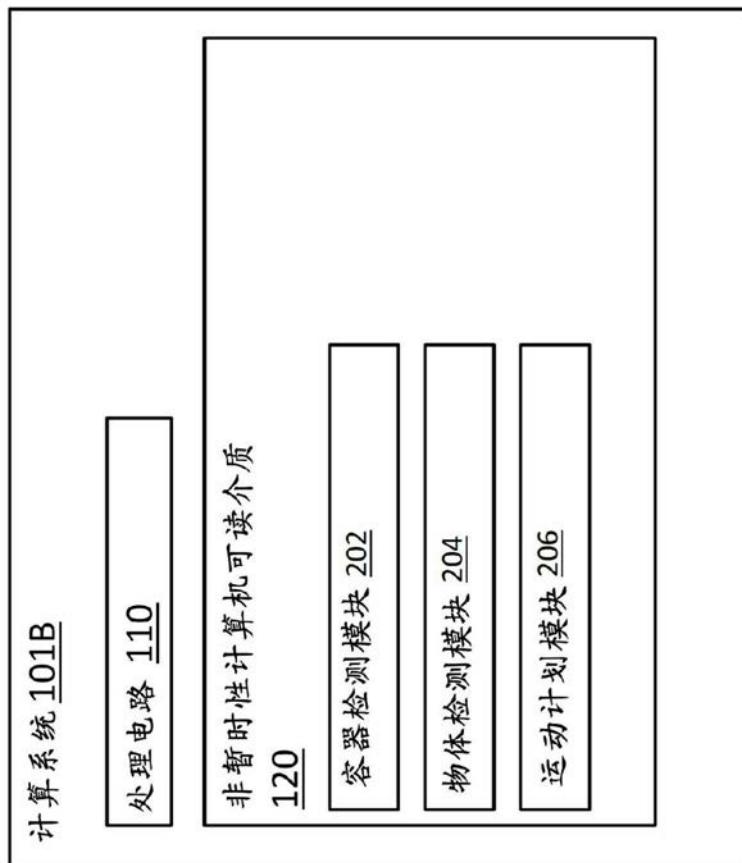


图2C

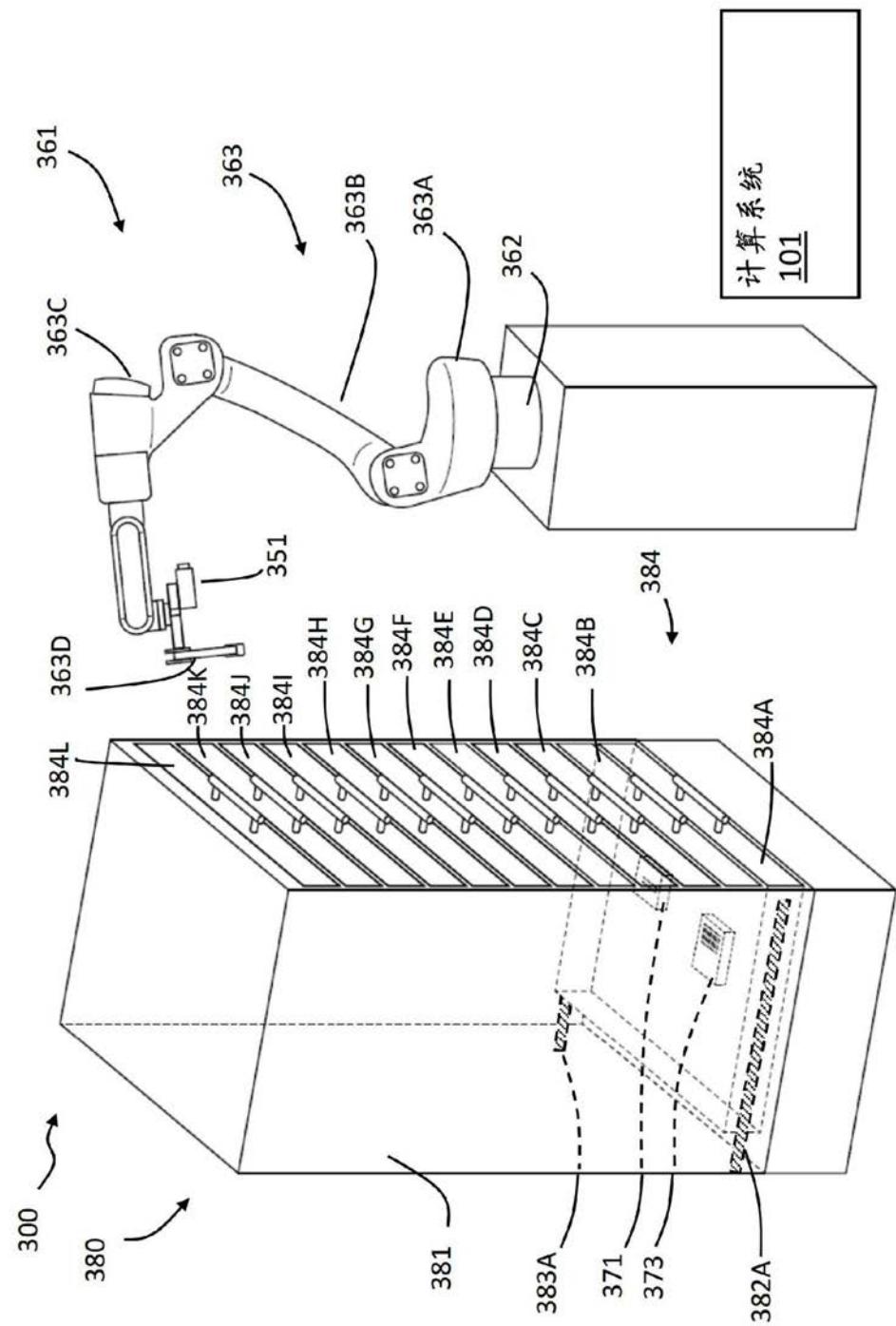


图3A

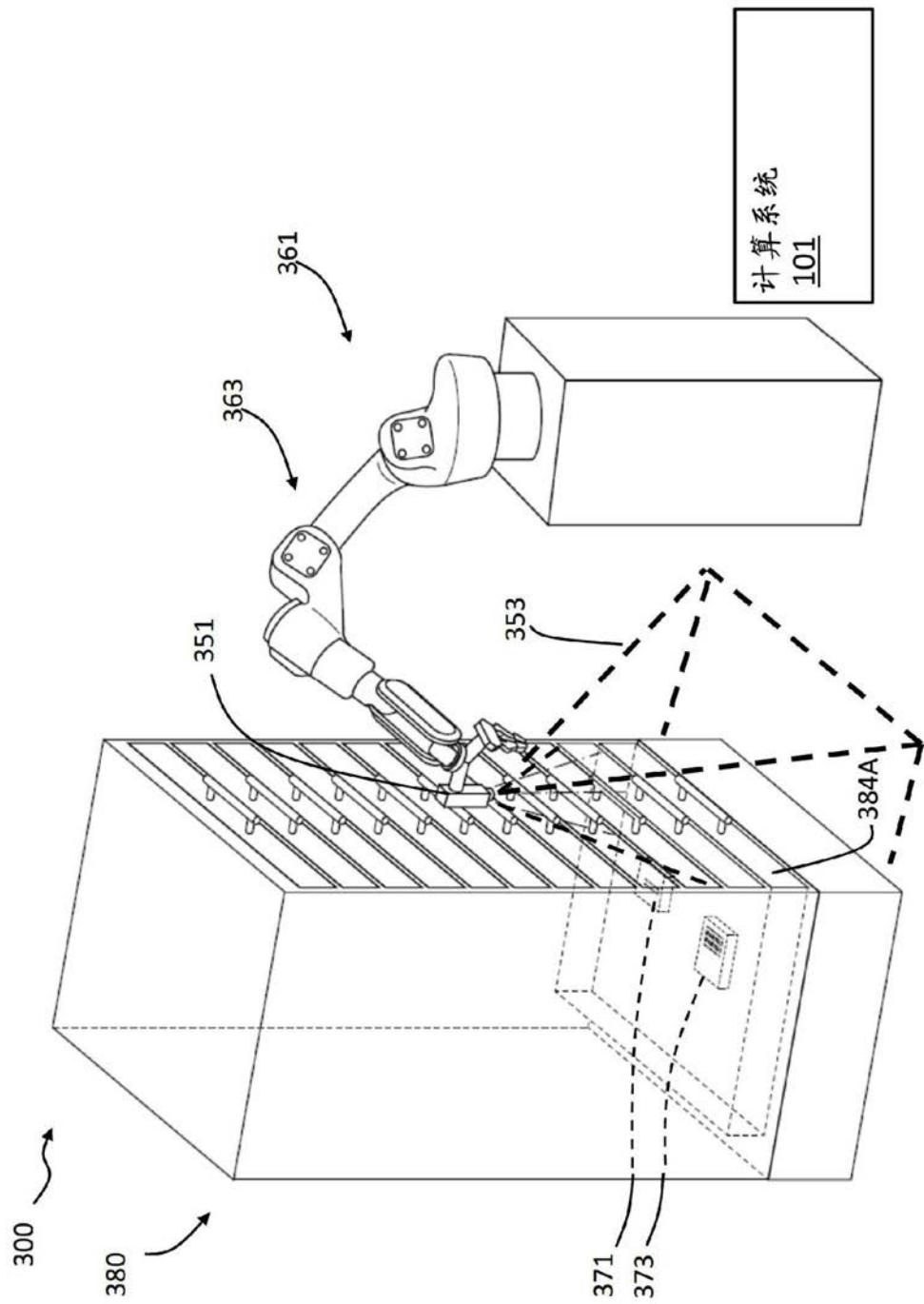


图3B

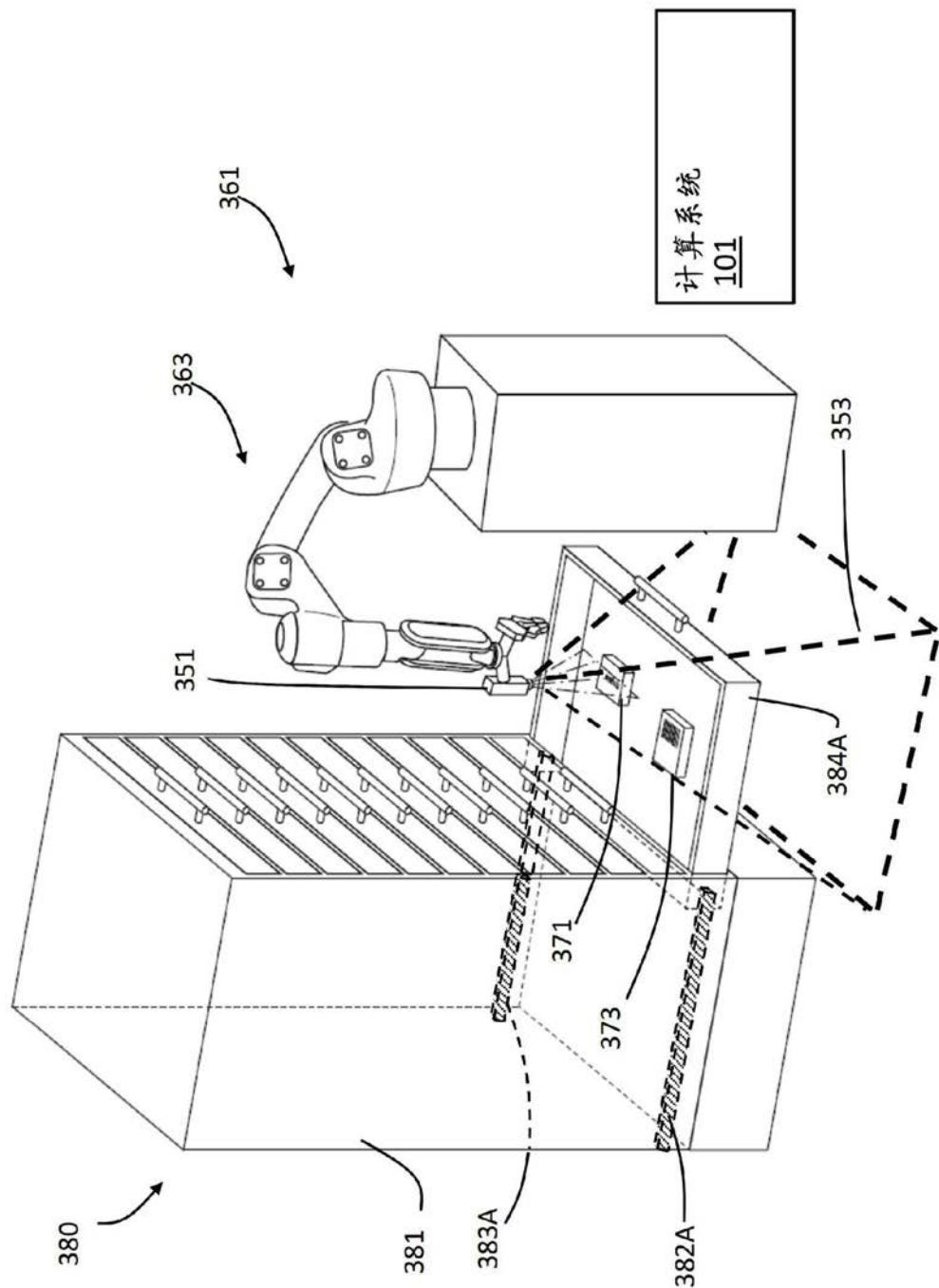


图3C

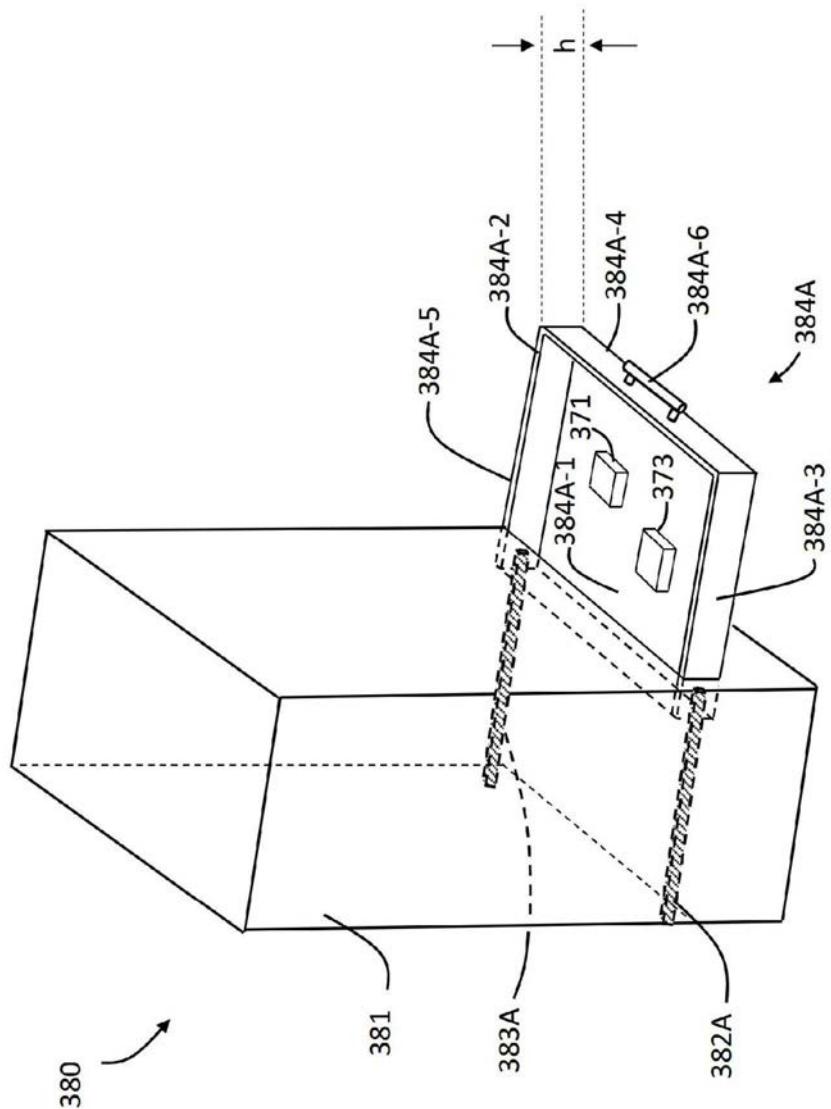
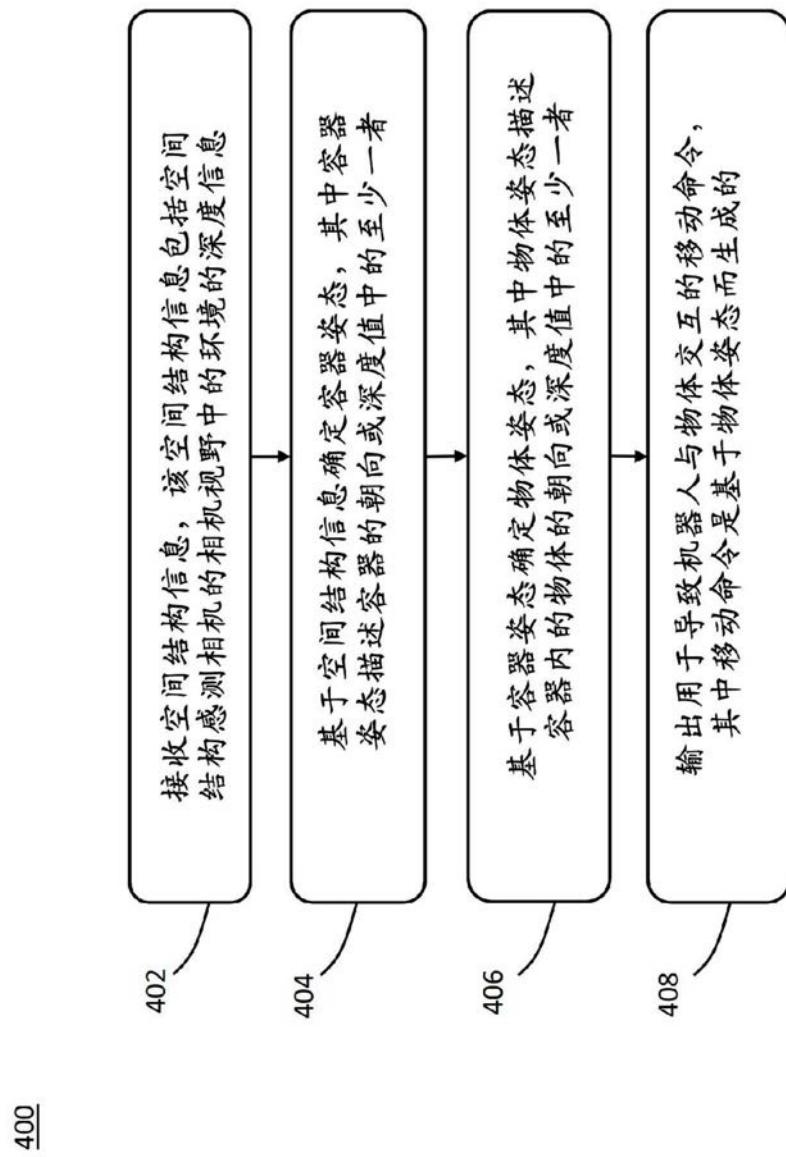


图3D



400

图4

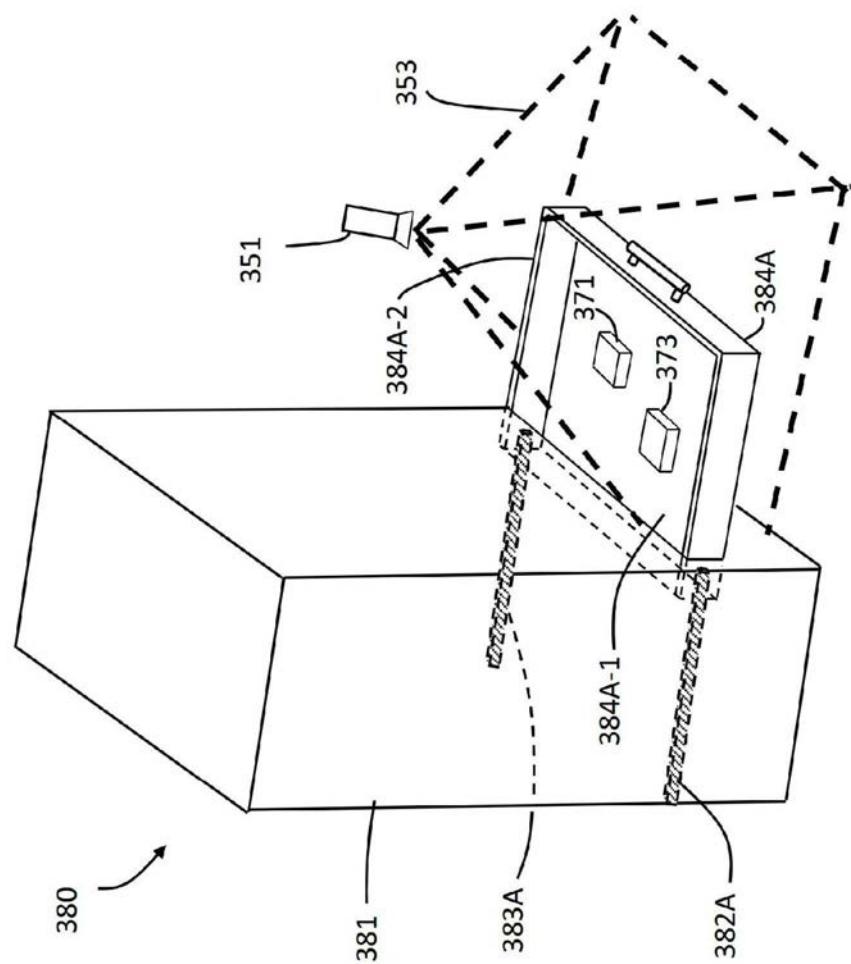


图5A

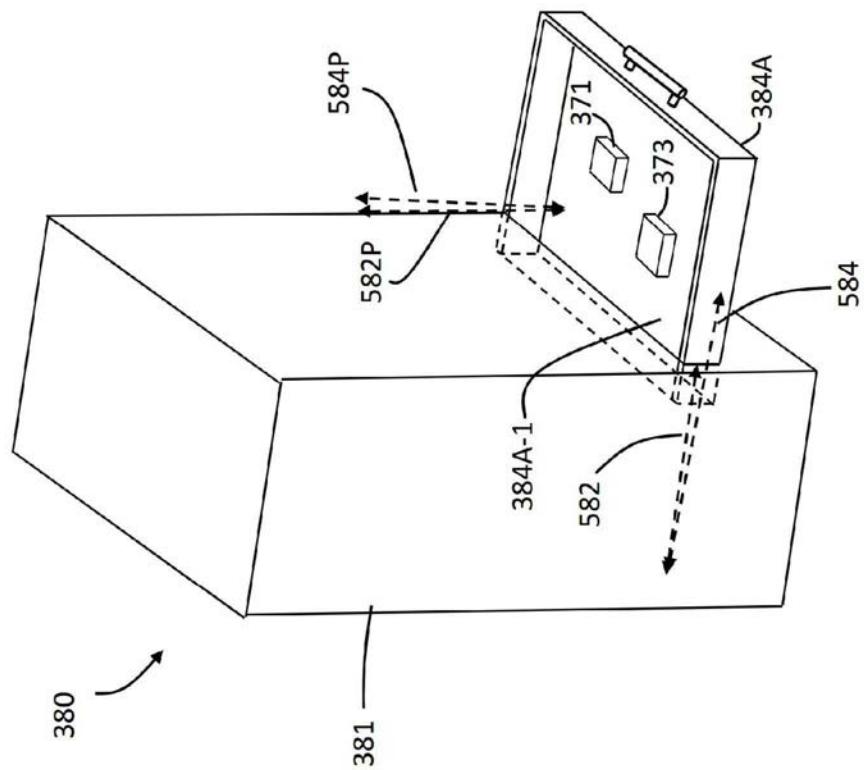


图5B

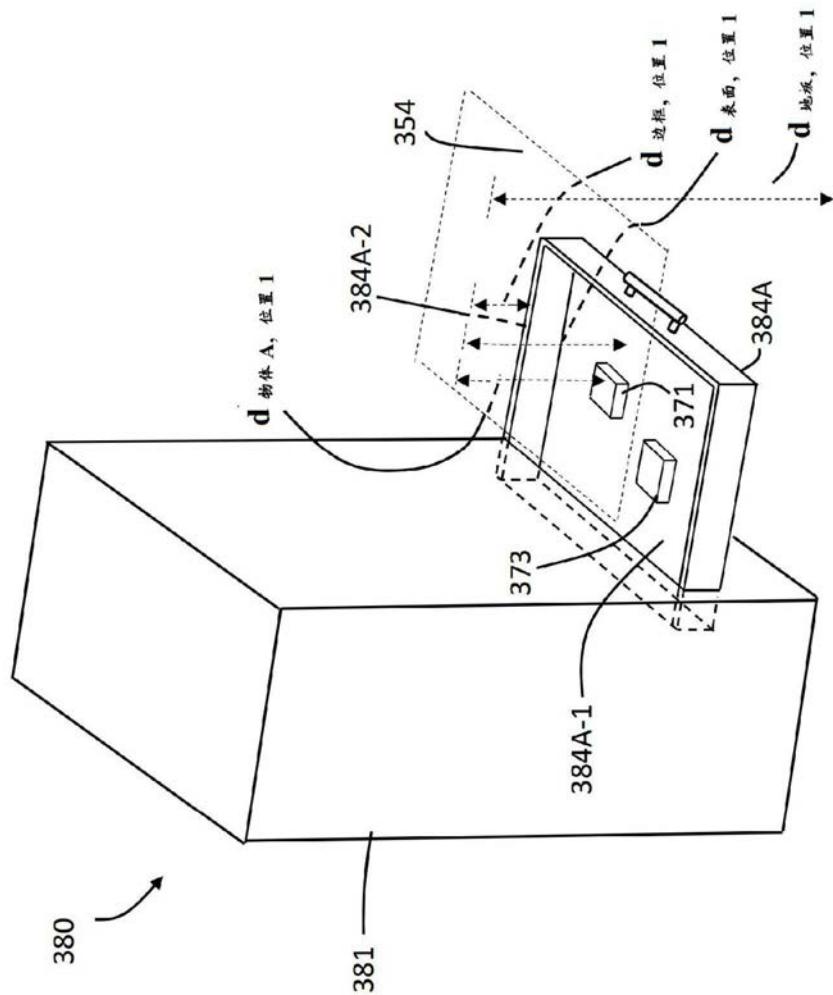


图5C

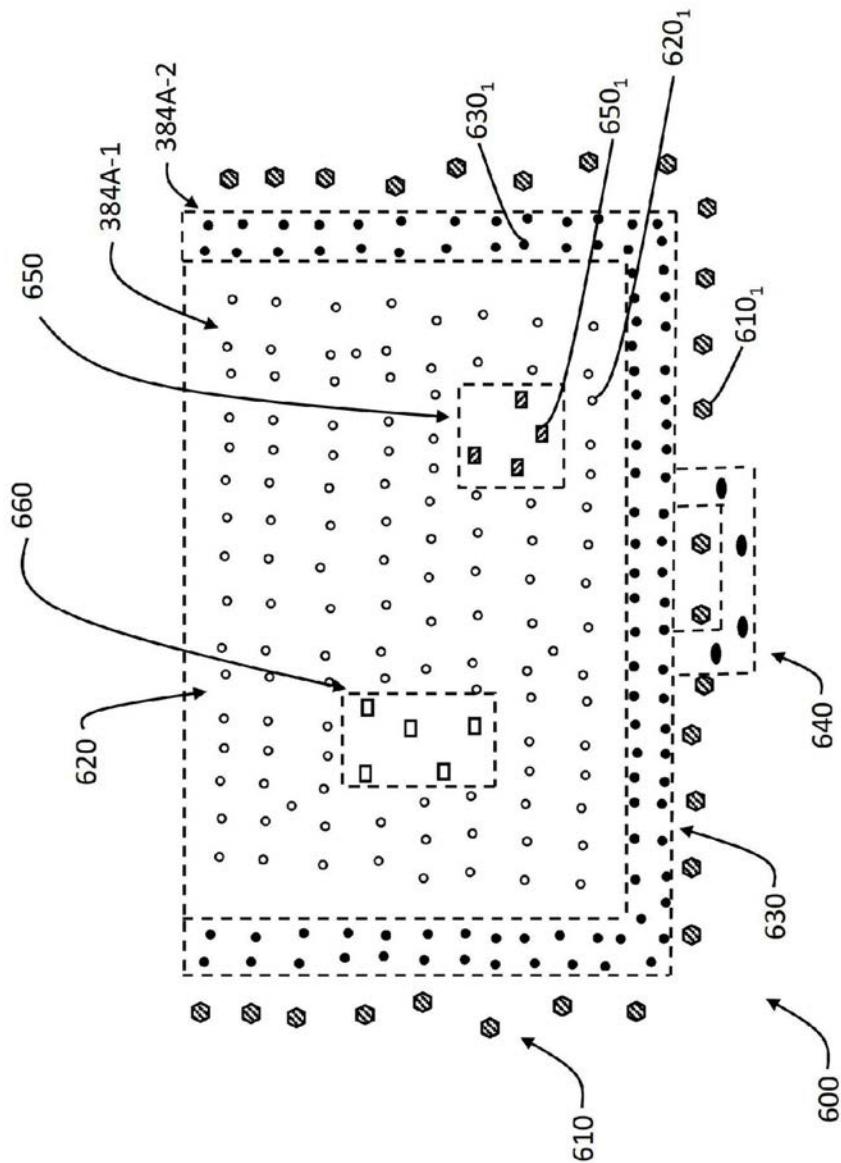


图6A

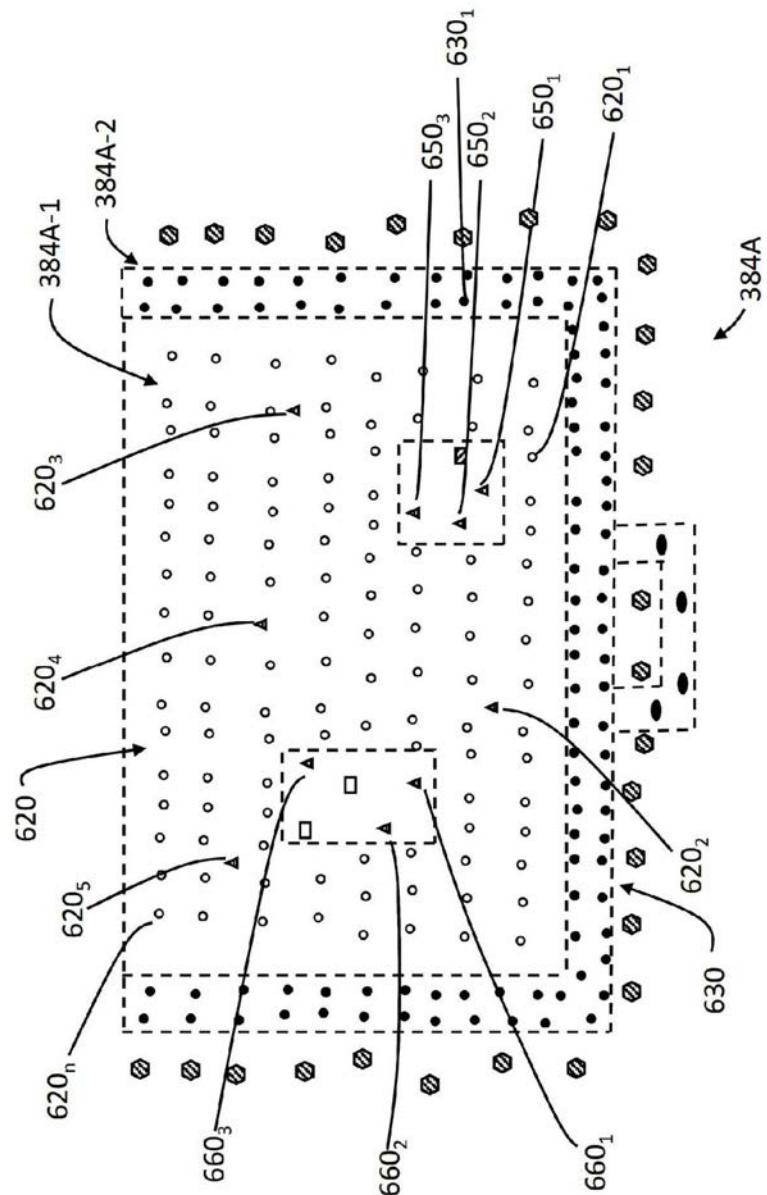


图6B

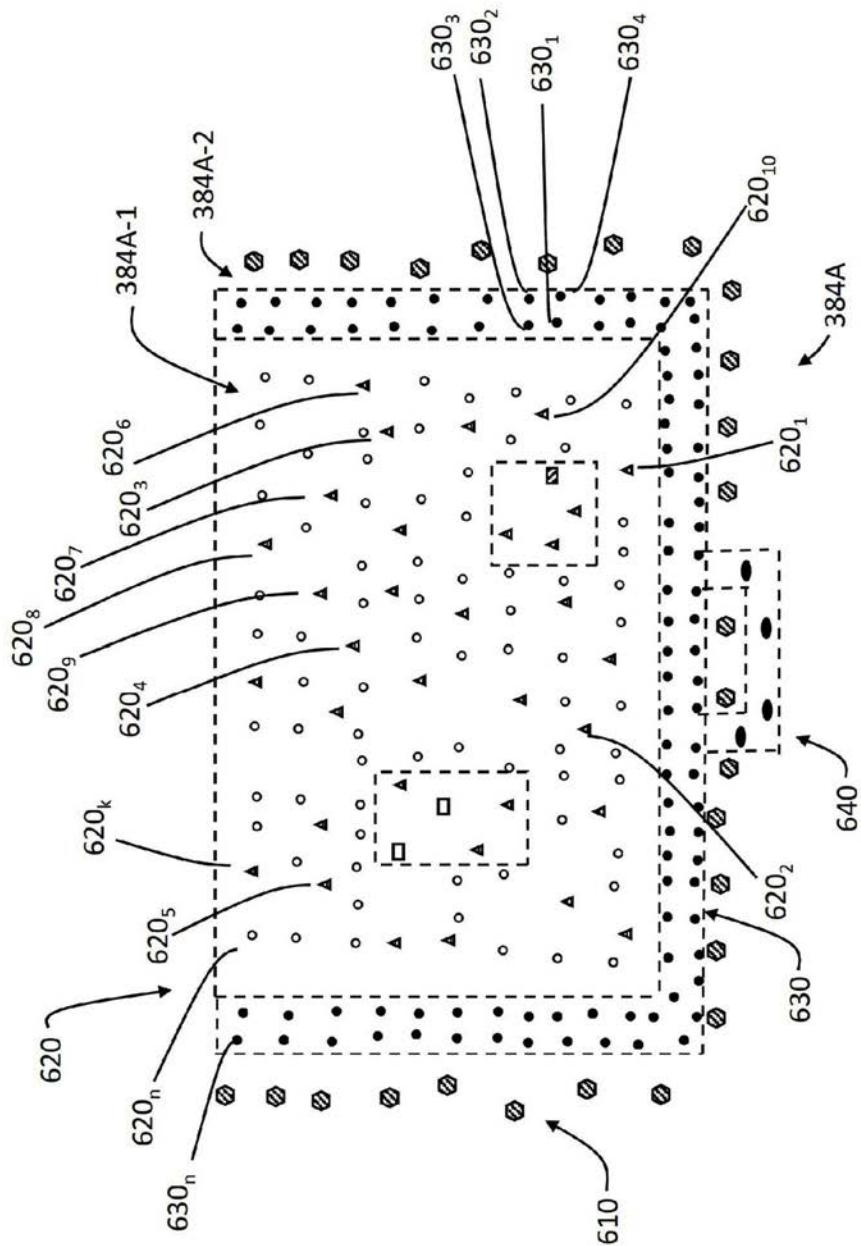


图6C

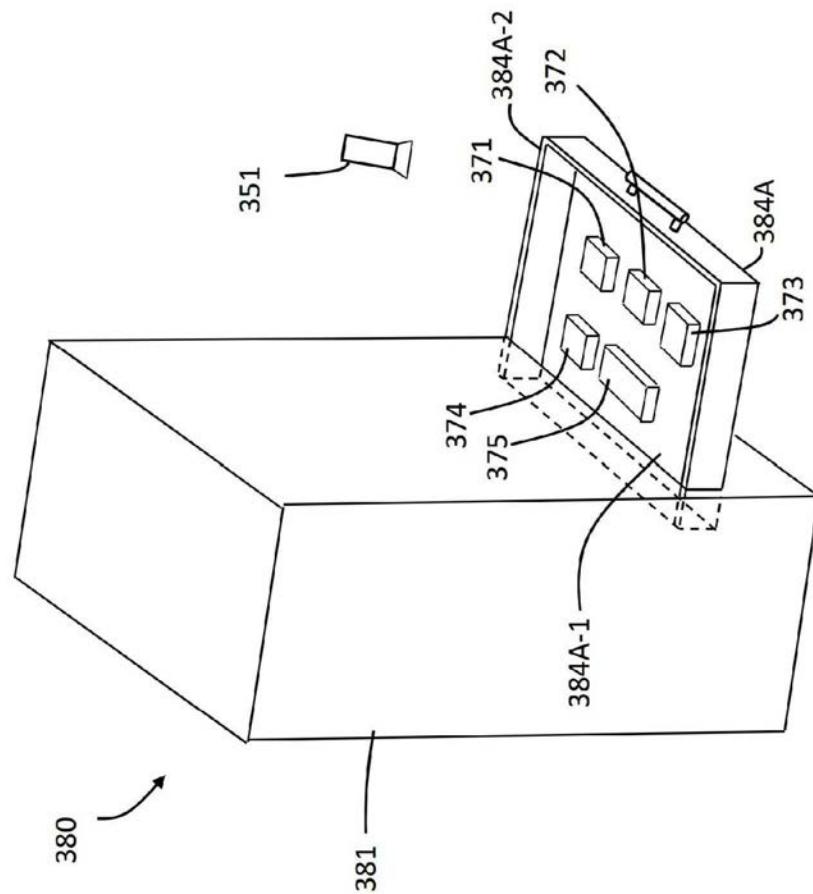


图6D

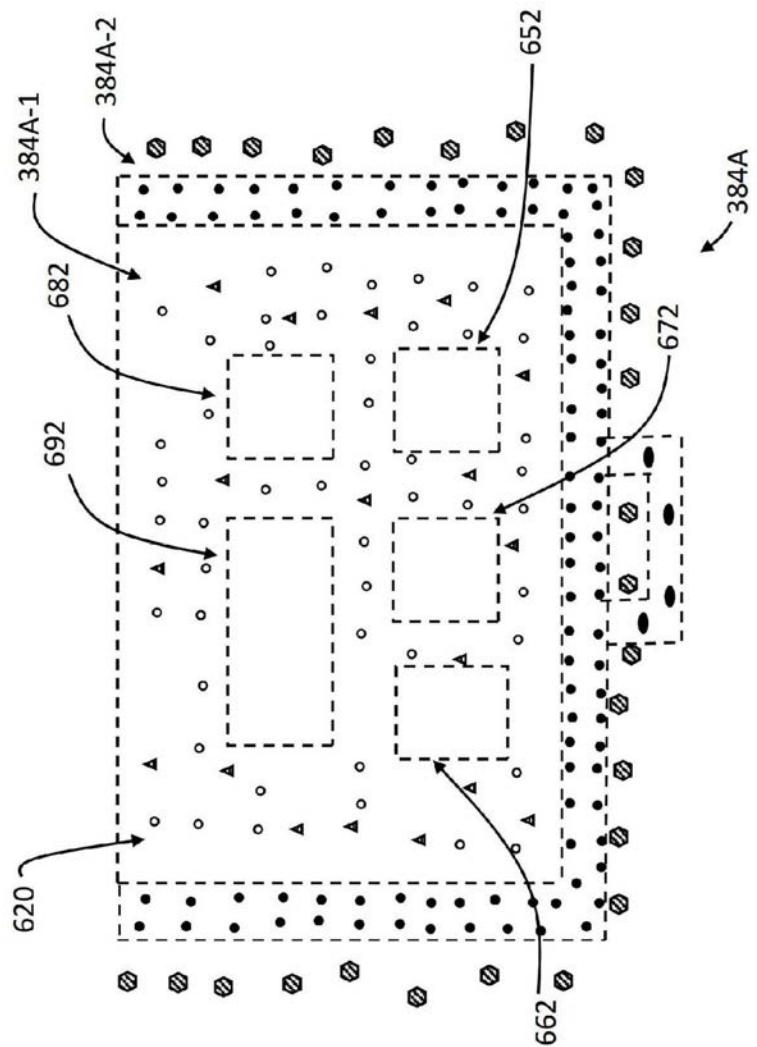


图6E

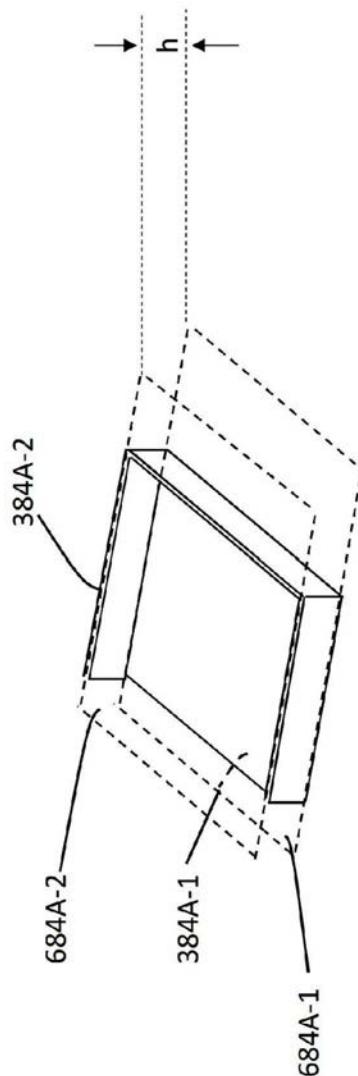


图6F

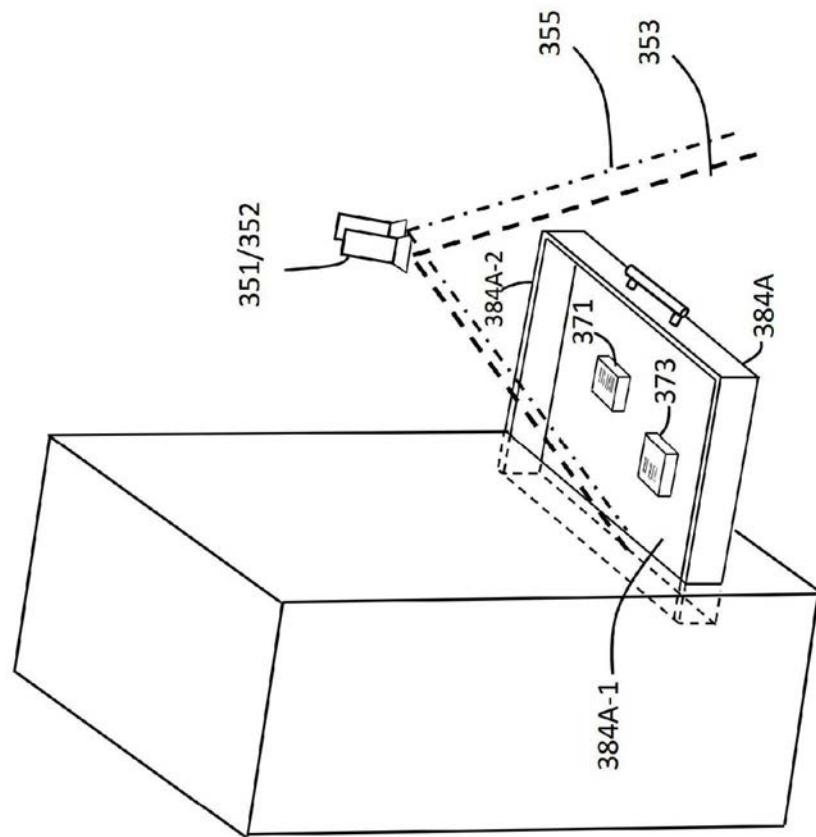


图7A

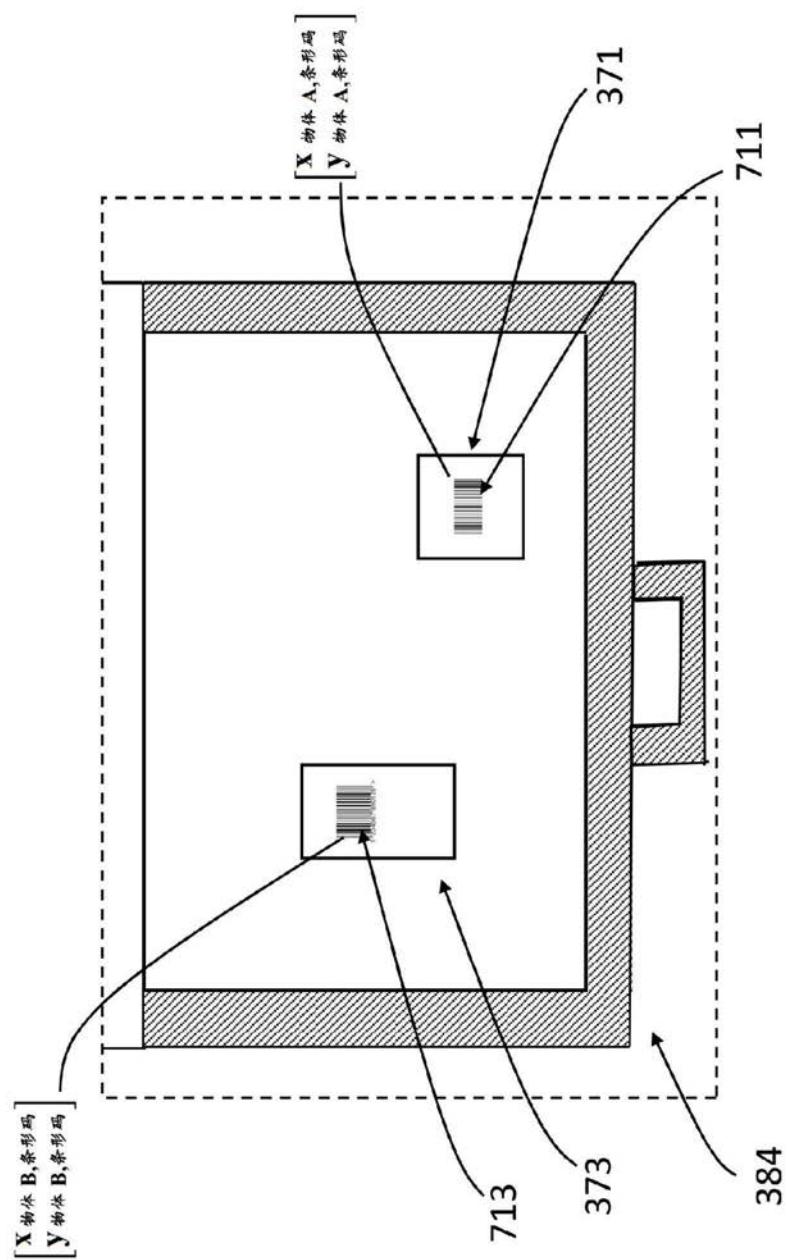


图7B

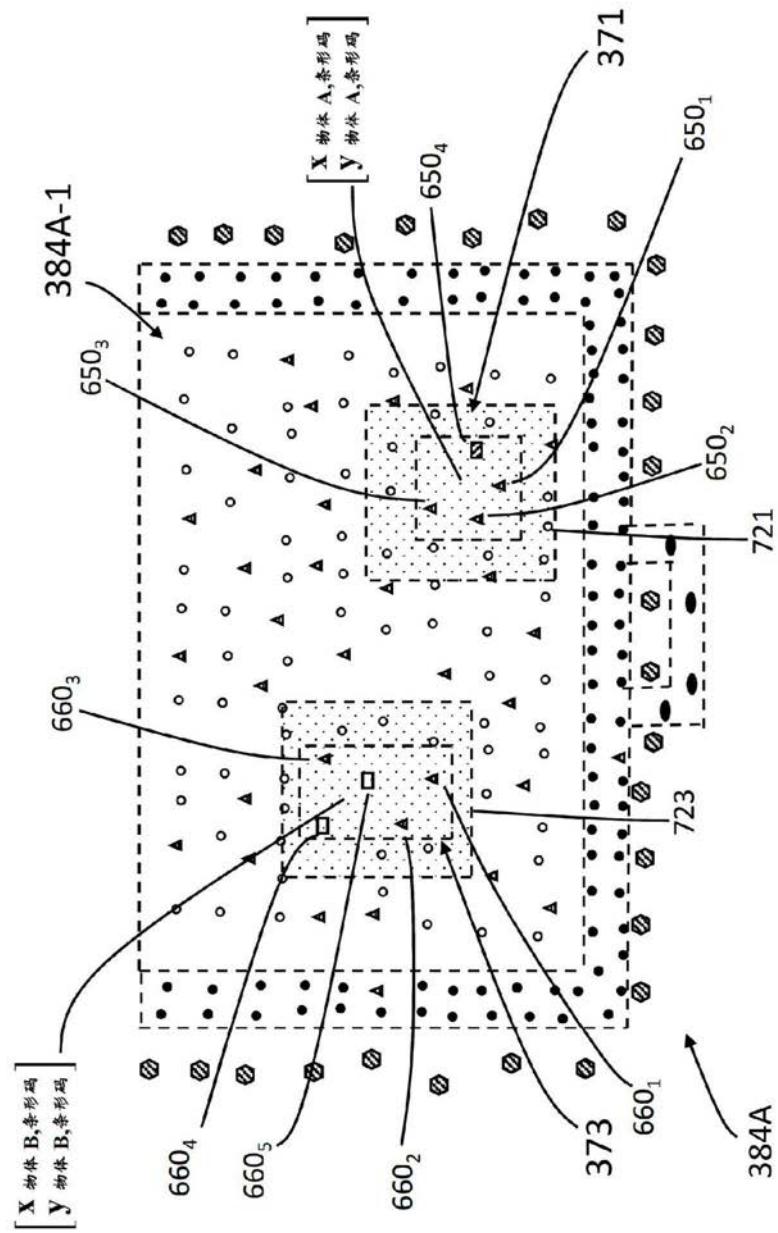


图7C

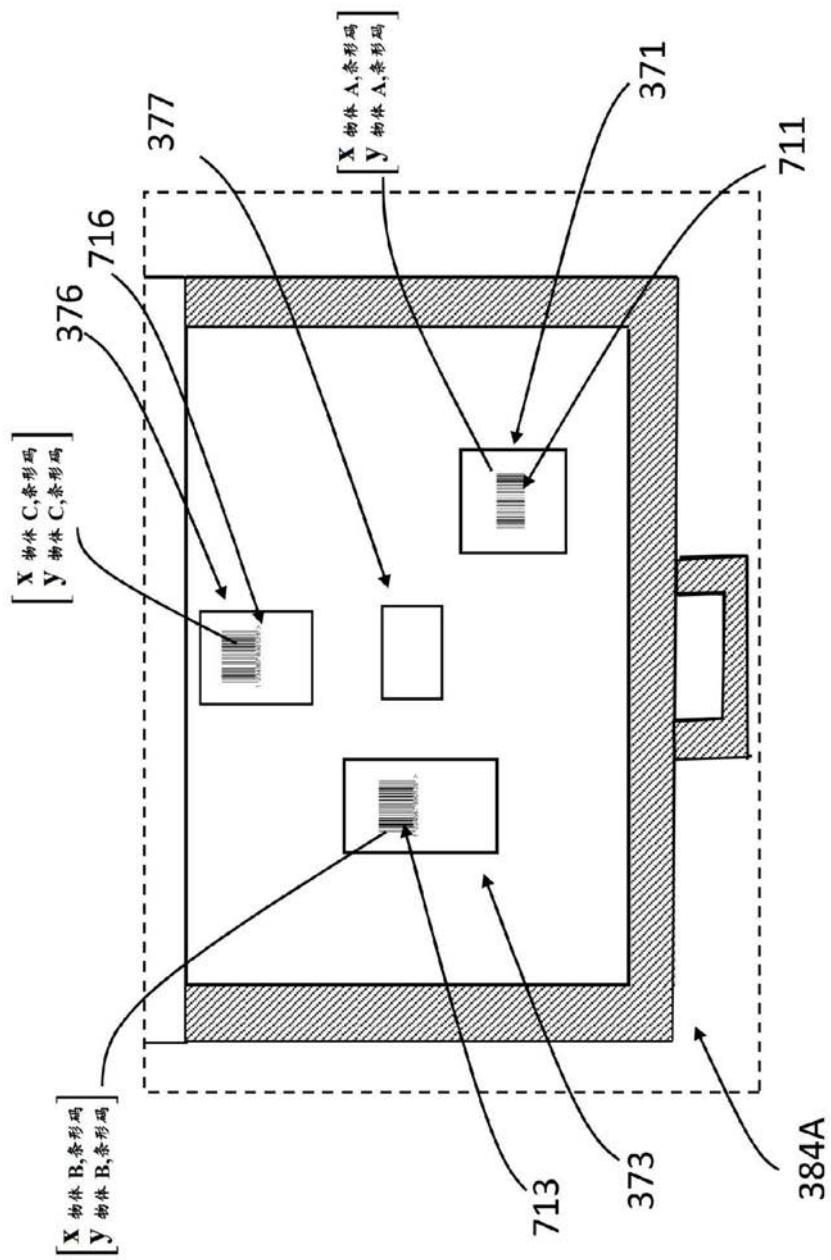


图8

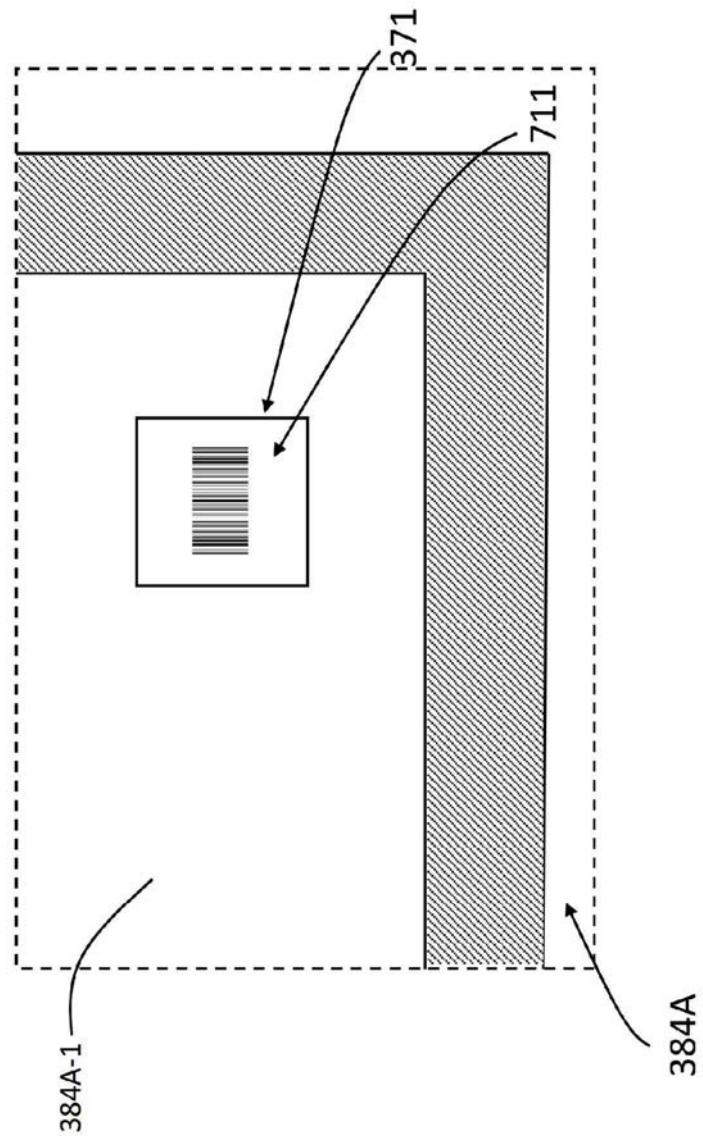


图9

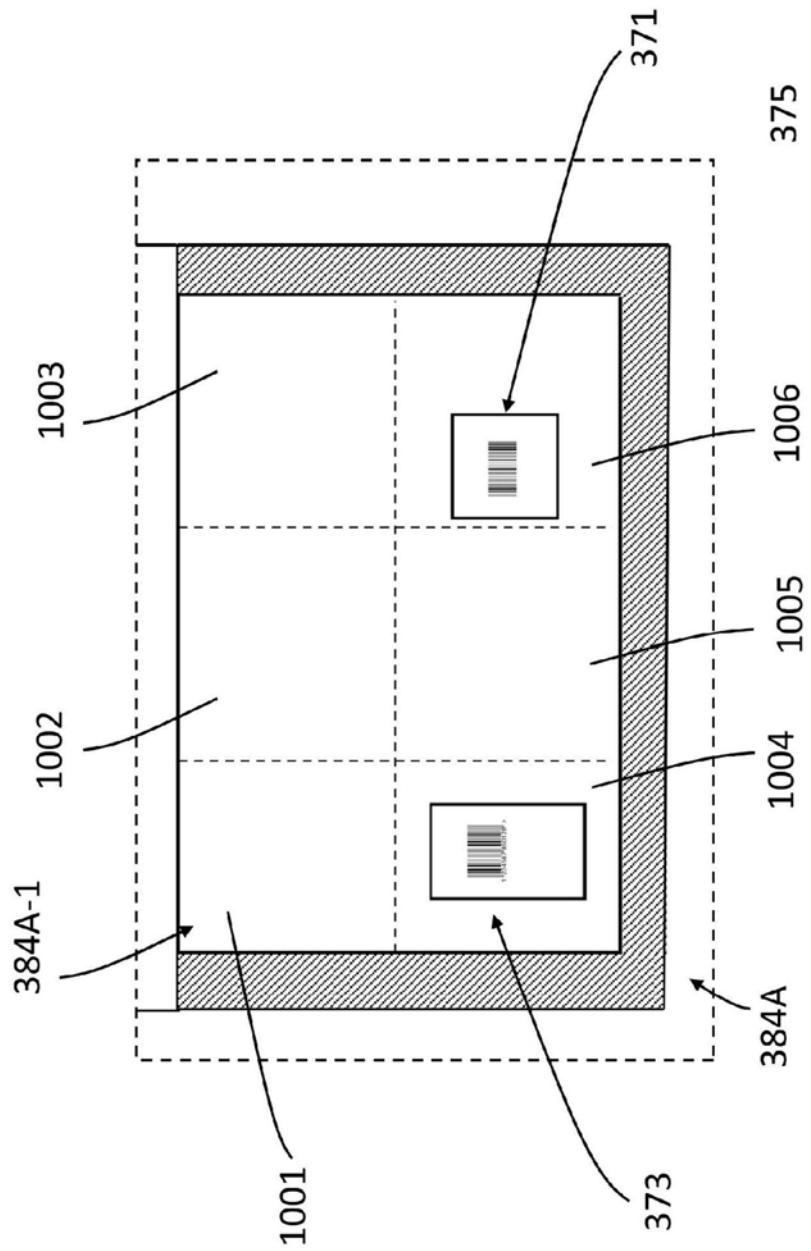


图10

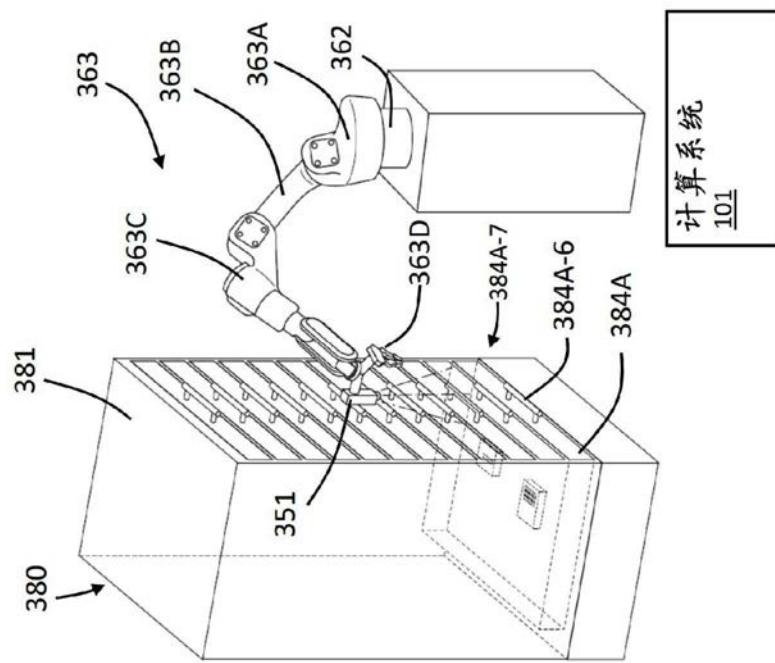


图11A

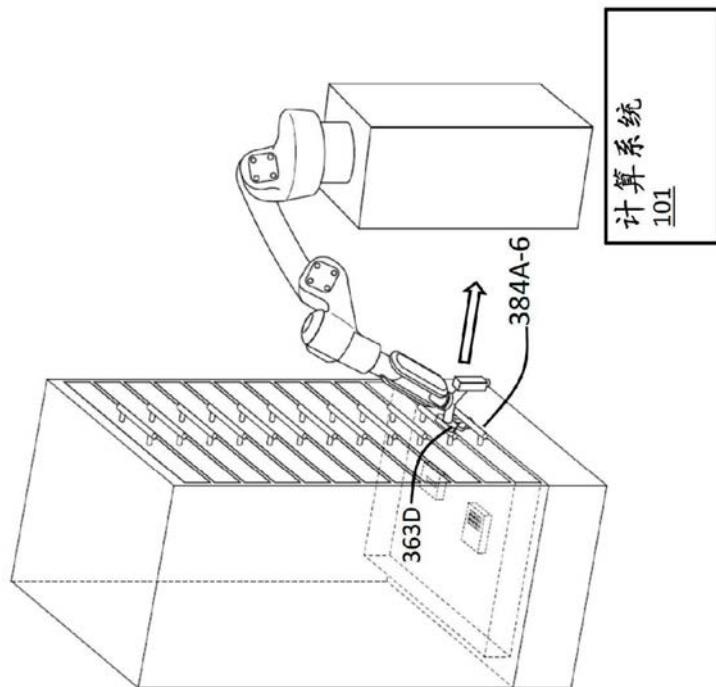


图11B

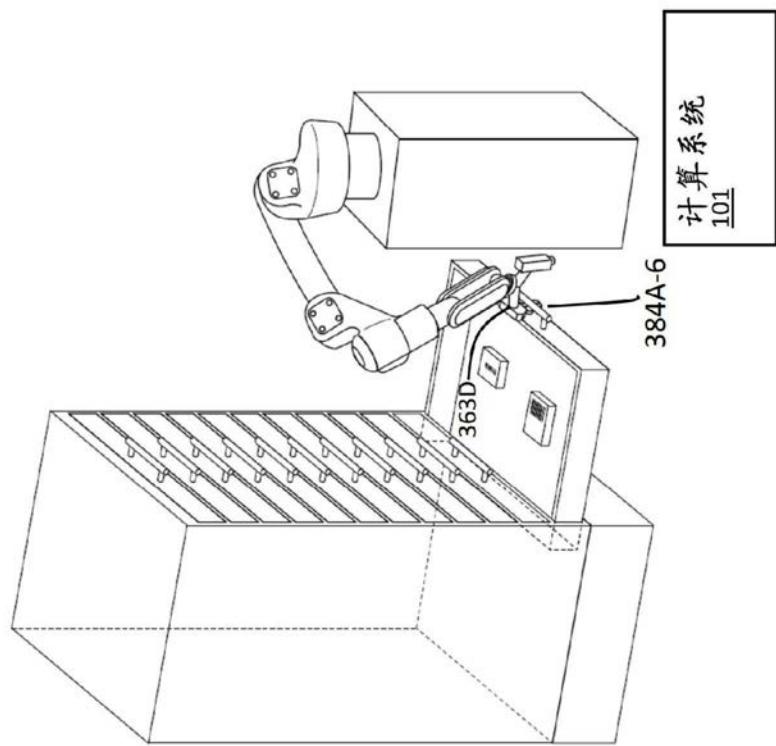


图11C