



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106170678 A

(43)申请公布日 2016. 11. 30

(21)申请号 201580018944.4

(22)申请日 2015.02.23

(30)优先权数据

14275029.8 2014.02.24 EP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.10.10

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2015/053687 2015.02.23

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/124756 EN 2015.08.27

(71)申请人 瑞尼斯豪公司

地址 英国格洛斯特郡

(72)发明人 蒂莫西·查尔斯·费瑟斯通

马丁·西蒙·里斯

(74)专利代理机构 北京柏杉松知识产权代理事

务所(普通合伙) 11413

代理人 谢攀 刘继富

(51)Int.Cl.

G01B 11/24(2006.01)

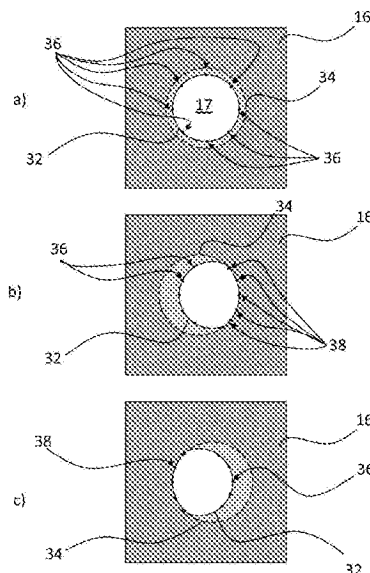
权利要求书2页 说明书10页 附图9页

(54)发明名称

利用视觉探针检测物体的方法

(57)摘要

本发明揭示一种利用安装在坐标定位机上的至少一个相机探针来检测物体中的孔的方法。该方法包括:关于多个不同的视角,从该孔的第一末端获得该孔的剪影的至少一个图像,从而获得该孔的剪影图像集合,该孔是背光的以形成该剪影,以及使用该孔的剪影图像的该集合来推断在给定高度处的该孔的边界的至少部分。



1. 一种利用安装在坐标定位机上的至少一个相机探针来检测物体中的孔的方法,包括:

关于多个不同的视角,从所述孔的第一末端获得所述孔的剪影的至少一个图像,以获得所述孔的剪影图像的集合,所述孔是背光的以形成所述剪影,以及

使用所述孔的剪影图像的所述集合来推断在给定高度处的所述孔的边界的至少部分。

2. 根据权利要求1所述的方法,包括:关于多个不同的视角,从所述孔的第一末端获得所述孔的整个剪影的至少一个图像。

3. 根据权利要求2所述的方法,包括:关于多个不同的视角,从所述孔的第一末端获得所述物体中的多个孔的所述剪影的至少一个图像。

4. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,包括:关于至少一个图像,使用边缘侦测处理以在所述图像中识别在所述剪影的边缘上的至少一个点。

5. 根据权利要求4所述的方法,包括:推断图像中所述剪影的哪一部分是与在第一高度处的所述孔的部分相关的,以及推断所述剪影的哪一部分是与在第二高度处的所述孔的部分相关的。

6. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,所述孔的所述边界的所述至少部分接近或处于在所述第一末端的远侧的所述孔的末端。

7. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,包括:使用所述孔的剪影图像的所述集合来推断所述孔内在至少两个不同高度处的所述孔的所述边界的至少部分。

8. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,包括:测量所述孔的所述第一末端的位置。

9. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,所述孔的所述边界的所述至少部分位于所述孔的端之间。

10. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,包括:在横穿所述孔的理论测量表面上,确定多个不同点处的所述孔的所述边界的位置。

11. 根据权利要求10所述的方法,包括:使用不同的探针测量所述理论测量表面的位置。

12. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,推断包括确定穿过所述孔以产生所述剪影的至少一个光线的向量。

13. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,包括:从图像的所述集合产生表示所述孔的至少一个理论几何结构,以及使用至少一个所述理论几何结构来推断所述孔的所述边界的至少部分。

14. 根据权利要求13所述的方法,其中,所述理论几何结构包括以下各者中的至少一者:a)表示所知已经穿过所述孔的光线的向量束;以及b)表示所述孔的至少部分的至少一个几何形状。

15. 一种利用安装在坐标定位机上的相机探针来检测多个孔的方法,包括:

关于多个不同的视角,从所述孔的第一末端获得所述多个孔的剪影的至少一个图像,所述孔是背光的以形成所述剪影,

处理所述剪影的图像以确定关于所述多个孔的计量信息。

16. 一种计算机实施的方法,包括:接收从已知视角获得的物体中的背光的孔的剪影图像,以及使用所述孔的至少一个所述剪影图像来推断在给定高度处的所述孔的边界的至少

部分。

17.一种包括指令的计算机程序代码,所述指令由根据前述权利要求中任一项所述的设备的处理器装置执行。

18.一种计算机可读媒体,其载有根据权利要求17所述的计算机程序代码。

19.一种设备,包括:

安装在坐标定位设备上的至少一个相机探针,其用于获得待检测的包括至少一个孔的物体的图像;

安置在所述物体的第一侧面上以使所述物体背光的光源;

控制器,其经配置以控制所述相机探针,使得关于至少一个视角,从所述物体的第二侧面获得孔的至少一个剪影图像;以及

处理器,其经配置以使用所述至少一个剪影图像来推断在给定高度处的所述孔的边界的至少部分。

利用视觉探针检测物体的方法

[0001] 本发明涉及一种检测物体,具体来说,利用相机探针检测物体的方法。

[0002] 已知相机探针用于捕捉待检测物体的图像。相机探针绕物体移动,例如通过移动设备,并采集物体的图像。在某一时刻(例如,可以是紧接在它们被捕捉之后或在采集之后的某一时间),处理图像以确定关于该物体的信息。这可通过相机探针上的处理器,或相机探针外部的处理器来进行。

[0003] 在一些情形中,期望使用相机探针来检测当相机探针绕物体移动时物体上的选择特征。例如,可需要检测物体中的一个或多个孔/洞/孔隙,例如,以确定它们的大小和/或形式。

[0004] W02009/141606和W02010/139950公开用于使用相机探针来测量孔的已知技术。W02009/141606公开使用激光束照射物体,该激光束穿过相机镜头系统投射。光斑投射到待测量的边缘的部分上,以将其安放到剪影中。相机视野是这样的:它只能看到孔的边缘的小部分(因此,相机探针仅能看到孔的部分剪影),并且因此相机被环绕驱动以沿着该边缘而行,并获得随后拼接在一起的一系列图像。在W02010/139950中,由经照明光点(该光点穿过镜头被投射到边缘上)形成剪影,对该剪影的焦点进行测量,以用于寻找孔的特定部分的边缘,并用于帮助相机探针沿孔的边缘而行。在W02009/141606和W02010/139950中,相机的景深足够浅以使得聚焦区域的高度是已知的,并使得可以直接测得边缘的实际位置。换句话说,利用这些文件的技术,其类似于引入接触式探针的触针针尖来触碰所关注的边缘从而直接测量它。

[0005] 本发明涉及一种用于获得有关物体(具体来说,有关在物体中的孔)的计量信息的替代技术。本发明提供一种技术,其包括从一个视角获得孔的剪影的至少一个图像,并处理该至少一个图像以推断有关孔的计量信息。例如,本发明提供一种技术,其包括从不同视角获得孔的剪影的多个图像,并处理那些图像以获得有关孔的计量信息。

[0006] 根据本发明的第一方面,提供一种利用安装在坐标定位机上的相机探针来检测工件中的孔的方法,其包括:关于至少一个(例如,多个不同的)视角从孔的第一末端获得孔的剪影的至少一个图像(例如,以获得孔的剪影图像的集合),并使用该孔的剪影图像(例如,剪影图像的集合)来推断孔的边界的至少部分,例如,在孔的表面上的至少一个点(例如,多个点)的位置。

[0007] 使用剪影图像(例如,剪影图像的集合)来推断孔轮廓信息使得孔/洞/孔隙(在本文中提到的“孔”可与“孔隙”和“洞”互换)能够被快速和可靠地检测。当从孔的第一末端获得图像时,这意味着可以只从单侧来检测孔,即使部分的孔在位于第一末端的孔的开口的远侧。尽管与直接测量(类似在W02009/141606和W02010/139950中的)截然不同地来推断孔的边界信息,但是已发现仍可足够精确地推断孔的表面上的位置,且尤其适合于检测孔的某些方面,例如,孔的最小横截面积。

[0008] 从本说明书可以清楚的是,本发明的方法可用于仅推断孔的表面上(例如,其内表面上)的一个离散点。任选地,本发明的方法可用于推断孔的表面(例如,内表面)上的多个离散点。任选地,多个点可绕孔的表面(例如,内表面)的周边扩展,并且例如,可全部包含在

理论测量表面(例如,平面)内。任选地,本发明的方法可用于沿着孔的长度的至少部分,和任选地沿着其整个长度,来推断孔的三维模型。

[0009] 使用根据本发明的相机探针获得的剪影可以由处于不同的(例如,未知的)高度/深度处的孔的不同的(例如,未知的)部分来产生。也就是说,至少一个图像的剪影可以由处于不同高度/深度处的孔的不同部分来产生。因此,该方法可以包括:使用至少一个图像来推断孔内处于至少两个不同高度处的孔的表面上的至少一个点。例如,该方法可以包括:从至少一个图像来推断接近孔的第一末端的至少一个点的位置。任选地,该方法包括:从至少一个图像来推断在孔的第一末端的远侧的至少一个点的位置。例如,该方法可以包括:推断在孔的第一末端的远侧的孔的末端的点(例如,推断在孔的底部的点)。例如,该方法可以包括,从至少一个图像来推断接近孔的第一末端的至少一个点的位置和在孔的第一末端的远侧的至少一个点的位置(例如,推断在孔的顶部和底部的点)。

[0010] 本发明的方法可以包括从该剪影图像提取在至少一个高度/深度处(例如,在至少两个高度/深度处)的孔的位置信息(例如,点的信息,例如,轮廓信息)。因此,本发明的方法可以包括处理剪影图像以识别在至少两个不同高度/深度处的该孔的边界的至少部分。因此,方法可以包括关于待检测的孔来选择一个或多个高度,和使用剪影图像的集合来推断在该一个或多个高度处的孔的边界的至少部分。

[0011] 可以理解的是,视角可为已知的视角。例如,至少视角的相对位置和/或定向可为已知的。举例来说,对于图像集合来说,视角的相对位置/定向可为已知的。任选地,视角相对于物体的相对位置/定向可为已知的。任选地,坐标定位设备的测量体积内的视角的绝对位置/定向是已知的。

[0012] 这样的视角可从来自坐标定位机的数据得知,该坐标定位机安装在该视角上。例如,可从坐标定位机的位置(和,例如,定向)的了解来得知视角/相机透视中心,例如,从对坐标定位机的位置传感器的输出进行读取。

[0013] 推断可包括针对给定(例如,已知/预定)的(孔的)高度/深度,假定剪影的边缘由该高度/深度处的孔的边界(例如,孔壁/孔的内表面)所产生。可以理解的是,该高度/深度可为坐标定位机的测量体积内的、给定/已知/预定的高度/深度(例如,在第一维度上)(例如,Z维度)。同样地,该确定边界的至少部分的位置可以是,关于该给定/已知/预定的高度/深度,确定坐标定位机的测量体积内的孔的边界的至少部分的侧向位置/定位(例如,在第二和第三彼此垂直的维度上)(例如,X和Y维度)。

[0014] 因此,该方法可以包括使用孔的该剪影图像来推断在给定高度/深度处的孔的边界的至少部分(例如,在孔的边界上的至少一个点)的位置。如下文更详细所解释的,该方法还可以包括,关于多个不同的给定/已知/预定的高度/深度,使用孔的该剪影图像来推断孔的边界的至少部分的位置(例如,在孔的边界上的至少一个点的位置)。

[0015] 使用该剪影图像(该剪影图像的集合)可以包括识别该剪影中的边缘。任选地,使用该剪影图像(该剪影图像的集合)可以包括对图像使用边缘侦测处理以在图像中识别该图像中的剪影的边缘上的至少一个点。任选地,该方法可以包括使用边缘侦测处理以在一幅图像内识别在该孔的第一高度/深度(例如,孔的第一末端/顶部)处的孔的边界上的至少第一点,以及在该孔的第二高度/深度(例如,孔的第二末端/底部)处的孔的边界上的至少第二点。

[0016] 任选地,该方法包括推断图像中的剪影的哪一部分与在第一高度/深度(例如,孔的第一末端/顶部)处的孔的部分相关,以及推断图像中的剪影的哪一部分与在第二高度/深度(例如,孔的第二末端/底部)处的孔的部分相关。

[0017] 可以理解的是,该至少一个高度/深度相对于相机探针可以为任意的。推断孔的边界的至少部分所在的至少一个高度/深度(例如,推断在孔的表面上一个或多个点的侧向位置所在的至少一个高度/深度),可以独立于相机探针来选定(例如,独立于相机探针的光学装置,例如,任意的并独立于相机探针的物体焦平面)。可以理解的是,在此意义上的任意未必意味着随机,而是可意味着高度/深度可为个别的选择(例如,不受限制)。因此,当获得图像时,所关注的/待检测的特征不需要位于相机探针的物体焦平面或靠近相机探针的物体焦平面。

[0018] 任选地,该方法可以包括推断孔的边界的至少部分(例如,推断该至少一个点),其没有位于多个图像中的任一个的相机物体焦平面上。换句话说,该方法可以包括推断离开相机物体焦平面的孔的边界的至少部分。因此,该方法可以包括,关于没有位于相机的物体焦平面上(相机的物体焦平面处于获取图像的点处)的至少一个高度/深度,使用剪影图像的该集合来推断在该高度/深度处的孔的边界的至少部分(例如,推断孔的内表面/孔壁上的至少一个点(例如,多个点)的位置/定位)。因此,该方法可以用于推断处于相机物体焦平面以外的孔的边界的至少部分(例如,在孔的内表面/孔壁上的一个或多个点的定位),而没有受限于只检测位于相机探针的物体焦平面上(相机探针的物体焦平面处于获得图像的点处)的那些点的孔。

[0019] 该方法可以包括,关于多个不同的视角(例如,关于多个不同的位置关系),从孔的第一末端获得孔的整个(或“完整”)剪影的至少一个图像。因此,相机探针的视场可被布置成包括孔的整个第一末端。

[0020] 该方法可以包括,关于多个不同的视角(例如,关于多个不同的位置关系)从孔的第一末端获得工件中的多个孔的剪影的至少一个图像。这可使得能够使用相同图像来检测多个孔。

[0021] 因此,该方法可以包括,使用该多个孔的剪影图像的该集合来推断多个孔的边界的至少部分的位置(例如,在多个孔的(内)表面/孔壁上的至少一个点)。任选地,所推断的该孔的边界的至少部分处于相同高度/深度(例如,点全部处于相同高度/深度)。例如,任选地,该方法可以包括,关于至少一个给定/已知的高度,使用该多个孔的剪影图像的该集合来推断在该高度处的每个孔的孔边界的至少部分(例如,在孔表面的每一表面上的至少一个点的位置/定位)。

[0022] 上述给定的(例如,已知的)高度/深度可以包括给定的(例如,已知的)理论测量表面。因此,该经推断的点(例如,多个点)可包括在该理论测量表面内。例如,该方法可以包括,使用该孔(或多个孔)的剪影图像的该集合来推断在理论测量表面上的孔(或孔的)的边界的至少部分,该理论测量表面横穿该孔。

[0023] 这种理论表面的实例是平面。然而,可以理解的是,理论表面不一定是平面的,而替代地可以在一个或多个维度上是非线性的(例如,弧形的)。例如,理论表面可以是圆柱形、球形或例如圆锥形。在一些情况下,有利的是,该理论表面具有与其中布置有孔的物体大体形状相对应的形状(例如,对于平面物体来说,理论表面可以是平面的,而对于圆柱

形物体来说,理论表面也可以是圆柱形的)。该理论表面的其它合适的术语包括理论测量表面、虚拟表面和抽象几何结构。该理论表面可穿过孔的纵轴。例如,该理论表面可以大致垂直于孔的纵轴(即,至少在其与孔的纵轴交叉的点处)。

[0024] 该理论表面可以位于孔的端之间。任选地,该理论表面接近或位于第一末端远侧的孔的末端。

[0025] 孔可以是通孔。也就是说,孔可以具有至少两个开口端。任选地,物体基本上是片状。任选地,物体是叶片,例如,涡轮机叶片。物体可以大体上是平面的。物体可以是非平面的,例如,弧形或波形。例如,物体的形状可以是大体圆柱形的。举例来说,物体可以是大体环形物体,其具有穿过环壁延展的至少一个孔。

[0026] 该方法可以包括,关于至少两个不同的高度/深度中的每一个(例如,至少两个不同的理论表面),使用孔的剪影图像的该集合来推断在孔的表面上的至少一个点的位置,优选地多个点的位置。任选地,从相同图像推断至少两个不同的高度/深度(例如,两个不同的理论表面)的孔的表面上的点的位置。

[0027] 该方法(例如,该推断)可以包括利用对物体的一个或多个特征的定位的认识。例如,该方法可以包括利用对包含孔的顶部的物体的表面的定位的认识,和/或对包含孔的底部的物体的表面的定位的认识。此类认识可以从直接测量此类特征(例如,界定孔的顶部开口的物体的表面)来确定。此类认识可以从直接测量物体的和/或该物体所固定到的另一个物体(例如,夹具)的不同特征来确定。例如,包含孔的底部的物体表面的定位可以通过直接测量界定孔的顶部的表面并根据对物体的厚度的认识而得知。

[0028] 因此,该方法可以包括测量孔的高度/深度的位置(例如,测量理论表面的位置),在该高度/深度处推断孔的边界。例如,理论表面可以包含孔的第一末端。该方法可以包括测量包含孔的第一末端的表面的位置。可以使用测量探针(例如,接触式或非接触式探针)直接测量理论表面的位置。任选地,测量探针是不同于相机探针的探针。

[0029] 相机可以包括用于在图像传感器上形成图像的一个或多个镜头。优选地,相机探针是非远心的,即,它具有透视失真。尽管这有助于使得相机具有大景深以使得整个孔聚焦,但不一定是这种情况。可以理解的是,孔的一些部分(或甚至所有部分)可以在一定程度上(例如,在图像分析技术/软件的限制内)离焦,而图像分析软件可用于识别由相机捕捉的剪影的边缘。

[0030] 该方法可以包括,一个相机探针用于获得剪影图像的该集合中的多个(或全部)图像。在此情况下,可以通过在获得图像之间移动相机探针来实现不同视角。然而,任选地,相机可以(例如)具有多个透视中心。例如,相机探针可包括光场相机(也被称作全光相机)。在另一个实例中,相机探针可包括用于在不同的传感器上形成多个图像(或任选地,选择性地在单个传感器上形成多个图像)的多光学系统,即,相机探针可实质上包括多个独立的相机。任选地,相机探针可以包括可内部移动的透视中心以提供视角的改变。因此,可实现不同视角而不用相对于孔来物理地移动相机探针,例如,通过使用相机的不同透视中心来获得图像,或通过移动相机的透视中心(例如,通过移动相机内的光学装置)来获得图像。

[0031] 因此,该方法可以包括,关于至少一个(例如,已知的)相机透视中心,从孔的第一末端获得孔的剪影的至少一个图像,以获得孔的剪影图像,孔是背光的以形成该剪影,以及使用孔的该剪影图像来推断在给定高度处的孔的边界的至少部分。任选地,单个相机探针

被用于获得在剪影图像的该集合中的全部图像,且该方法包括相对地移动相机探针和物体以实现该不同的视角。因此,该方法可以包括,关于相机探针和物体/孔之间的多个不同的位置关系,从孔的第一末端获得孔的剪影的至少一个图像,以获得孔的剪影图像集合。

[0032] 任选地,提供多个独立的相机探针,每一个都具有孔/物体的不同视角。在此情况下,该方法可以包括,不同的相机探针从不同视角获得孔的剪影的图像。

[0033] 可以理解的是,任何一个剪影图像提供的数据中都可能存在模糊。举例来说,经成像的剪影的边界上的任何一个点都可以已经由在坐标定位机的测量体积中的多个不同点处的孔来产生。推断可包括降低任何此类模糊或不确定性的程度(例如,至少部分地解决)。如所提到,这可通过利用对有关(在坐标定位机的测量体积中的)物体的一个或多个特征的定位的认识来完成。任选地,这可通过使用多个剪影图像来完成。例如,该方法可以包括使用多个剪影图像以推断可行的孔边界或可行的孔体积。

[0034] 可以理解的是,本发明的方法可以包括利用对有关(例如,在获得图像的点处)物体相机探针的相对位置(和例如,定向)的认识。例如,该方法可以包括确定在获得图像的点处的物体和相机探针的相对位置(和例如,定向)。例如,这可以包括读取在坐标定位机上的位置传感器(例如,编码器)的输出。

[0035] 不同的视角意味着可以在相对于孔的不同的位置高度处、和/或相对于孔的不同的横轴面位置处、和/或相对于孔的不同的角度定向处,来获得图像。可以理解的是,用于不同图像的相机透视中心可以在相对于孔的不同位置处(在远心相机探针的情况下,透视中心可被视为具有特定的x、y维度值但位于z维度的无限处的位置中心(在此情况下,远心相机的不同透视中心可以涉及在x与y维度上相机探针和孔之间的相对位置的改变))。

[0036] 因此,相机探针和/或物体可以被安装以使得它/它们可以相对于另一者以至少一个线性自由度、任选地至少两个正交线性自由度、举例来说三个正交自由度来移动。任选地,相机探针和/或物体可被安装,以使得它/它们可相对于另一者绕至少一个旋转轴、任选地绕至少两个(例如,正交)旋转轴、举例来说绕至少三个(例如,正交)旋转轴来移动。

[0037] 坐标定位机可以为笛卡尔式或非笛卡尔式坐标定位机。坐标定位机可以为机床、坐标测量机(CMM)、铰接臂等等。任选地,相机探针被安装在铰接头上,该铰接头提供至少一个旋转自由度,任选地提供至少两个正交自由度。铰接头可以为分度头(其具有有限数量的可分度定向)或连续头(continuous head)。相机探针可安装在坐标定位机的套管轴上,该坐标定位机提供在至少一个、任选地至少两个和例如至少三个正交线性维度上的套管轴的移动(以及因此,提供安装于其上的铰接头部和/或相机探针的移动)。任选地,待检测物体安装在可移动的台子,例如转台上。

[0038] 任选地,可以利用相对静止的相机和物体来获得图像。任选地,可以利用相对于彼此移动的相机和物体来获得图像。当相机探针被安装在连续铰接头上时可以获得图像,而同时通过该头部重新定向相机探针。

[0039] 该方法可以包括根据该图像(例如,图像的集合)来产生表示孔的至少一个理论几何结构,并使用该至少一个理论几何结构来推断该孔的边界的至少部分。这可以包括为从不同视角获得的该多个图像中的每一个产生已知适配该孔的至少一个理论几何结构。该理论几何结构可以用于推断孔的边界的至少部分。例如,该方法可以包括合并关于每一视角所确定的该理论几何结构以提供合成理论几何结构(其接着用于推断该孔的边界的至少部

分)。例如,该理论几何结构可以包括表示经推论已经穿过该孔的光线的向量束。任选地,该理论几何结构可以包括表示孔的至少部分的至少一个几何形状。

[0040] 推断可以包括对产生剪影的光线执行向量分析以确定在给定(例如,已知的)高度/深度处的剪影的边界。因此,推断可以包括确定穿过孔(例如,擦过孔的边界/边缘)的至少一个光线的向量以产生剪影的边界。可以理解的是,向量/光线可以是来自背光、穿过孔、穿过相机的透视中心并到达相机的传感器上的直线。例如,该方法可以包括产生表示穿过孔的光线的多个(例如,一束)向量,以形成类似于根据不同位置关系获得的剪影图像。因此,不同的向量/光线可以用于表示孔周围的边缘/边界的不同点。也就是说,不同的向量/光线可擦过孔周围的边缘/边界的不同点。该方法可以包括分析向量(例如,多个向量)以推断关于孔的计量信息,例如,孔边界信息,例如,横截面轮廓信息。例如,该方法可以包括产生三维模型,该三维模型在由该多个向量界定的边界内适配。例如,该方法可以包括,关于横穿向量束的至少一个理论表面(例如,平面),识别于该理论表面处由该向量界定的边界上的至少一个点。该方法可以包括,关于横穿向量束的多个理论表面,识别于在该理论表面中的每一个表面处由该向量界定的边界上的至少一个点。因此,例如,可以从由横穿该理论表面的向量束界定的边界,来推断在任何特定理论表面处的孔的横截面形状和/或大小。可以理解的是,通过推断在多个不同的深度处的孔的横截面形状/大小,可产生孔沿着其长度的经推断轮廓。

[0041] 任选地,孔是背光的(即,来自与获得图像的末端相对的末端;根据上述,来自第一末端的远侧的末端)。因此,任选地,孔在相机的图像传感器上呈现为亮斑。

[0042] 根据本发明的第二方面,提供一种设备,其包括:安装在坐标定位设备上的至少一个相机探针,其用于获得包括至少一个待检测的孔的工件的图像;控制器,其经配置以控制相机探针,以使得关于至少一个(例如,多个不同的)视角从孔的第一末端获得孔的剪影的至少一个图像(例如,以获得孔的剪影图像集合);以及处理器,其经配置以使用孔的该剪影图像(集合)来推断孔的边界的至少部分。

[0043] 根据本发明的第三方面,提供一种利用安装在坐标定位机上的相机探针来检测多个孔的方法,其包括:关于多个不同的位置关系,从孔的第一末端获得多个孔的剪影的至少一个图像,以及处理剪影图像以确定关于多个孔的计量信息。例如,该方法可以被用于确定至少一个高度/深度处的孔轮廓信息(例如,横截面轮廓信息),诸如孔的形式、形状、维度、大小等(例如,关于穿过孔的至少一个理论表面)。

[0044] 根据本发明的另一方面,提供一种利用安装在坐标定位机上的至少一个相机探针来检测工件中的孔的方法。该方法包括:获得孔的剪影的至少一个图像,以及处理该图像以识别在至少两个不同的高度/深度处的该孔的边界的至少部分。因此,该方法可以包括仅处理一个图像以识别在至少两个不同的高度/深度处的该孔的边界的至少部分。例如,该方法可以包括处理该图像以识别位于或朝向孔的第一末端的边界的至少部分(例如至少一个点,例如多个点)和位于或朝向孔的第二末端的边界的至少部分(例如至少一个点,例如多个点)。例如,该方法可以包括处理该图像以识别在孔的底部边缘的边界的至少部分(例如至少一个点,例如多个点)和在孔的顶部边缘的边界的至少部分(例如至少一个点,例如多个点)。可重复这一过程用于不同图像,例如,从不同视角获得的不同图像。

[0045] 因此,该方法可以包括推断图像中的剪影的哪一部分与在第一高度/深度(例如,

孔的第一末端/顶部)处的孔的部分相关,以及剪影的哪一部分与在第二高度/深度(例如,孔的第二末端/底部)处的孔的部分相关。

[0046] 该处理可以包括在该剪影图像中识别边缘。因此,该处理可以包括使用边缘侦测方法。该方法可以包括推断该所识别的边缘的至少一个点在坐标定位机的测量体积内的位置。此推断可以基于对在获得该至少一个图像的点处的相机探针的位置的认识。此推断可以基于对物体的至少部分的位置的认识。例如,此推断可以基于对物体的表面(例如,包含孔口的表面)的定位的认识。因此,该方法可以包括测量物体的至少部分的位置,例如,测量包含孔口的表面的位置。

[0047] 可以理解的是,上文结合本发明的其它实施例所描述的特征适用于本发明的此实施例,且反之亦然。例如,如上文结合本发明的其它实施例所描述的方法可以包括从多个不同的视角获得孔的剪影的至少一个图像。因此,该方法可以包括处理多个图像以在该多个图像中的每一个中识别在至少两个不同的高度/深度处的该孔的边界的至少部分。

[0048] 并且,如上文结合本发明的其它实施例所描述的,该方法可以用于同时检测多个孔。因此,该方法可以包括获得多个孔的剪影的至少一个图像,并处理该图像以针对多个该孔,识别在至少两个不同的高度/深度处的孔的边界的至少部分。

[0049] 现将仅通过实例并且参考以下附图描述本发明的实施例,其中:

[0050] 图1示出了用于测量物体的安装在坐标测量机(CMM)的铰接头部上的相机探针;

[0051] 图2a、2b和2c示出了从三个不同位置获得的三个不同的剪影图像;

[0052] 图3a、3b和3c示出了对应图2a、2b和2c中的剪影图像的向量图;

[0053] 图4a和4b分别示出了不规则孔的剪影和其对应的向量图;

[0054] 图5a和5b分别示出了从不同相机位置获得的各种剪影图像和那些不同相机位置的向量图。

[0055] 图5c和5d示意性地示出了根据穿过图5a和5b的孔的给定平面中的多个向量识别孔的边界;

[0056] 图6a和6b示意性地示出了根据用于穿过图5a和5b的孔的多个不同平面的多个向量识别孔的边界;

[0057] 图7a、7b和7c示意性地示出了根据用于穿过孔的多个不同的平面的多个向量识别孔的边界;

[0058] 图8a、8b和8c示意性地示出了根据本发明的从多个不同的视角获得的剪影推断孔的边界信息的另一技术;以及

[0059] 图9a和9b分别示出了在一个图像中获得的多个孔剪影和用于来自多个不同的相机位置的多个孔的向量。

[0060] 图1示出了根据本发明的物体检测设备,其包括坐标测量机(CMM)10、相机探针20、控制器22和主机23。CMM 10包括物体16可以安装到其上的台子12和相对于台子12可在三个正交线性维度X、Y和Z上移动的套管轴14。铰接探头18被安装在套管轴14上,并提供绕至少两个正交轴A1、A2的旋转。相机探针20被安装到铰接探头18上,并经配置以获得位于台子12上的物体16的图像。因此,可通过CMM 10在X、Y和Z上移动相机探针20,并可通过铰接探头18绕A1和A2轴旋转相机探针20。CMM或铰接探头可以提供额外运动,例如,铰接探头可提供绕视频探针的纵线A3的旋转。任选地,物体16可被安装在转台上以提供旋转自由度。

[0061] 通过主机23计算出相机探针20相对于物体16的所期望的运动轨迹/路线,并将其馈送到控制器22。在CMM 10和铰接探头18中提供电动机(未图示)以在控制器22的控制下驱动相机探针20到所期望的位置/定向上,该控制器22发送驱动信号到CMM 10和铰接探头18。CMM 10和铰接探头18的各种轴的位置和定向是通过例如位置编码器(未图示)的转换器来确定的,并且该位置被反馈到控制器22。可以理解的是,可以在获得关于所关注的特征的计量信息期间,使用位置和定向信息。

[0062] 相机探针20可拆卸地被安装到铰接探头18上。不同的(接触式或非接触式)探针可被安装在铰接探头18上来代替相机探针20。例如,包括用于接触物体16的可偏转触针的接触式探针可被安装在铰接探头18上。接触式探针可为触发式探针,其提供探测与物体16相接触而导致的触针偏转的信号,或者,接触式探针可为模拟(或扫描)探针,其提供对与物体16相接触而导致的触针偏转(在至少一个、两个或三个维度上)的测量。CMM 10可以包括用于存储多个不同探针(例如,接触式和/或非接触式)的托架,其位于铰接头部18的操作体积内,使得探针在铰接头部18上可自动地互换。

[0063] 如图1所示,待检测的物体16包括孔17的多个19(或孔17的集合19)。在此实施例中,孔17是通孔,因为它们一路穿过物体16。

[0064] 根据本发明的检测物体16中的孔17的方法将参考其余的图式加以描述。关于图2和图3来说明根据本发明的第一方法。在此情况下,孔17具有已知的形式(在此情况下,为通常圆柱形),并且该技术用于确认孔的末端的形状和大小。从图2a开始,如果相机探针20被放置在孔17的轴上(即,从而其成像轴与孔的轴一致),并且使用光源30(图1中未示出)背光照射孔17,那么所产生的相机图像将示出孔17的剪影为亮圆形,其中背光照耀穿过孔,如图2a中所示,由于相机探针的镜头的透视失真,孔17的前面在图像上比孔的后面呈现得更大,因此(基于孔17通常是圆柱形的假定知识)可假定全部测量点36都涉及孔17的后边缘32。

[0065] 如图2b所示,如果相机探针20的位置移动远离孔17的轴(例如,如果相机探针20在垂直于孔的纵轴的第一方向上平移移动),则形成不同的图像。基于孔17通常是圆柱形的假定知识,图像分析可用于将亮剪影的二分之一归为孔17的前面34,且另一半归为孔17的后面32。这允许产生用于孔17的前边缘34的测量点38的一个集合,以及添加用于孔17的后边缘32的测量点36的集合。

[0066] 接着在不同的方向上移动相机探针20的位置远离孔17的轴,例如,如果相机探针20在与第一方向完全相等但相反的第二方向上平移移动,则会形成另一个不同的图像,如图2c所示。再次,(基于孔17通常是圆柱形的假定知识)可将亮剪影的二分之一归为孔17的前面34,且另一半归为孔17的后面32。这允许将额外的测量点38添加到用于孔17的前边缘34的测量点集合中,以及允许将额外的测量点36添加到用于孔17的后边缘32的测量点集合中。

[0067] 在此情况下,孔的前边缘34和后边缘32(或顶部和底部)的位置是已知的。例如,这可通过直接测量物体16的平坦面来得知,例如,通过使用接触式探针触碰其来得知。

[0068] 图像分析可用于识别图像上亮剪影的边缘周围的测量点36的集合。例如,可以使用已知的边缘侦测算法,诸如检索方法(例如,坎尼(Canny)算法)、零交叉方法(例如,高斯拉普拉斯(Laplacian of Gaussian))。具体的实例程序可以涉及以下步骤:i)将高斯平滑化滤波器应用到整个图像上;ii)根据已知的相机位置和图像中孔形状的质心,估计近边缘

和远边缘两者的边缘中心的图像位置;iii)关于两个边缘,估计可在剪影中看到该边缘的自中心的角度范围;iv)关于两个边缘,内插经平滑的图像,以在从边缘中心辐射的角度范围内获得沿着多个‘辐条’线的图像强度数据;v)关于每一辐条,计算强度数据的导数,并搜索最小值(使用内插法以给出子像素精度);以及vi)使用相机校准,并根据表面的已知位置,计算图像边缘点的3D位置。可只对一个图像执行此技术,并且为了获得增加了的点密度和/或出于覆盖度的目的,对其它图像重复此技术(例如,因为在不同的图像中,孔的不同部分/侧面将是可见的/将是不可见的)。

[0069] 图3a到图3c分别示意性地示出了图2a到图2c中的剪影图像的光学情形。光线示出到达相机探针的图像传感器40的光的边界。如图3a中可见,当相机探针的光轴至少大致上与孔的纵轴对准时,落在该图像传感器40上的剪影由孔17的后边缘32产生。然而,如图3b和图3c所示,当相机探针20大体上为离轴时,部分剪影由孔17的前边缘32产生,和部分剪影由孔17的后边缘34产生。为简单起见且为了辅助对本发明的理解,在图3a到图3c中示出相机探针20使用针孔相机模型,但可以理解的是,相机探针20可以包括一个或多个镜头以在图像传感器40上形成图像,并且相同的光学图示也适用。

[0070] 本发明的技术还可用于检测更复杂的孔和/或未知形式的孔。在其中集合19内的孔21中的至少一个不是圆形的情况下,和/或前面34和后面32之间的大小出现变化的情况下,任何给定的剪影图像上的任何测量点都难以归为在3D空间中的孔17的特定点。图4a示出了当利用大致安置在孔的轴线上的相机来观察时所产生的不规则孔21的剪影。如图4b中所示,在剪影的边缘上的点可以被转换成3D向量,但无法只从一个图像来确定这些向量擦过孔壁(即,其“内表面”或“孔的边界”)的3D位置。(为简单起见,在图4a或随后图式中未示出相机探针的图像传感器40)。

[0071] 如果相机移动到多个不同的位置,那么一系列不同的剪影被捕捉到,如图5a中所示。如图5b中所示,剪影图像可经分析以产生与不同的相机视角相关联的3D向量束,并且已知这些向量全部穿过孔,并在一些点处擦过孔壁。

[0072] 向量束50可经进一步处理以推断孔21的形状。如图5c中所示,一种方法是在CMM 10的测量体积内的给定/已知位置和定向处(具体来说,在已知将与孔21交叉的位置和定向处)产生理论测量表面52(在此情况下,虚拟测量平面52)。接着可计算向量穿过此平面52的点58。在图5d中示出此类点在测量平面上的典型分布54。分布中的最外点(结合线56示出)近似虚拟测量平面中的孔壁的形状,而所有其它点可舍弃。已知方法(例如,“凸包”算法或“非凸包”算法(也被称作“凹包”算法)可用于推断分布中的最外点。在所描述的实施例中,理论测量表面52是平面的,但可以理解的是,不一定是这种情况,例如,理论测量表面可为弧形的,例如圆锥形、球形、圆柱形或具有任何规则/不规则的形式。

[0073] 如图6a中所示,可通过以下步骤来推断孔21的整个3D轮廓:在孔21的前面34和后面32(物体16的前面34和后面32可根据对它们的直接测量得知(如上文所描述))之间,产生多个理论测量表面52a到52e(例如,虚拟测量平面52a到52e);并计算在每一平面中近似孔21的壁的轮廓的点集合(如上文结合图5c和图5d所描述)。接着,可从点的所有集合来构建孔21沿着其长度的所推断形式。图6b示出了从向量束50推断孔21的形式为粗线60,其叠加在物体16的实际形式上。可以理解的是,相机位置的数量越多,向量的数量越多,并且因此,所推断的孔的形式的精确度越高。

[0074] 图7a示出了孔25的实例,其具有不垂直于物体16的前面34和后面32的纵轴线,其中典型的向量束50从四个不同的相机视角穿过孔。当计算孔25的轮廓时,测量平面52a到52e可在任何所需的定向中构建。图7b和图7c示出了两个可能的选择。图7b示出了平行于零件的前表面34和后表面32的平面52a到52b,以及图7c示出了垂直于孔25的纵轴的平面52a到52e。取决于所需的测量数据的应用和形式,每一方法都可以具有其优点。例如,通过采用垂直于孔25的轴线的平面,可更加易于计算孔25的横截面面积。

[0075] 可以理解的是,其它技术可用于处理剪影来推断孔边界信息。例如,参考图8a到图8c,说明根据本发明的另一实施例。其中,例如通过直接测量其中存在孔17的物体16的顶部和/或底部表面来产生界限表面15。在图8a所示出的第一步骤中,关于第一视角/相机透视中心,建立穿过孔17的“有效”或“可行”体积13。这可(例如)为二维多边形的集合(例如,其中的一个在图8a中示出)或三维截头圆锥形体积。在图8b所示的第二步骤中,相机的视角/透视中心移动到用于产生新剪影的新位置上。产生用于那一剪影和视角的可行体积,并将其用于延展先前确定的有效/可行体积13,例如,通过布尔(Boolean)或运算。可按需重复(如图8c中所示)上述的移动到新视角/透视中心、获得孔17的剪影的新图像以及延展可行体积13的过程,例如,直到不存在可见的剪影和/或已得知关于孔的内部足够信息。此技术可尤其适合于确定孔17内是否存在任何多余的材料。

[0076] 上述实施例示出了本发明用于检测单个孔。本发明还可用于同时检测多个孔。举例来说,图9a示出了从不同视角获得的孔的阵列19的三个图像。可以理解的是,上文结合图1到图8所描述的技术中的任一个都可以用于推断阵列19中的每一个孔的边界。例如,图9b示意性地示出了根据这些图像所产生的向量束。可行体积可适配用于孔中的每一个的向量束(例如,如在图8到图8c的实施例中)。任选地,横穿这些向量束的理论测量表面,例如平面,可用于推断在理论测量表面处的每一孔的横截面形状(例如,如在图4到图7的实施例中)。另外地或可替代地,还可使用图2的实施例,其需要更多关于孔的定位和假定形状的认识以使用图像处理技术,从而识别剪影图像的哪些点涉及孔的前面和后面。图9示出了本发明用于检测孔的一维阵列,但可以理解的是,本发明可用于检测物体中的孔的多维(例如,二维)阵列。

[0077] 在上述实施例中,相机探针经移动以从不同视角获得图像。然而,作为相机探针移动的替代或添加,可移动物体19。此外,可以理解的是,可避免相对移动,例如通过提供具有不同视角的多个相机探针,和/或(例如)具有可内部移动的透视中心和/或多个透视中心的相机探针。

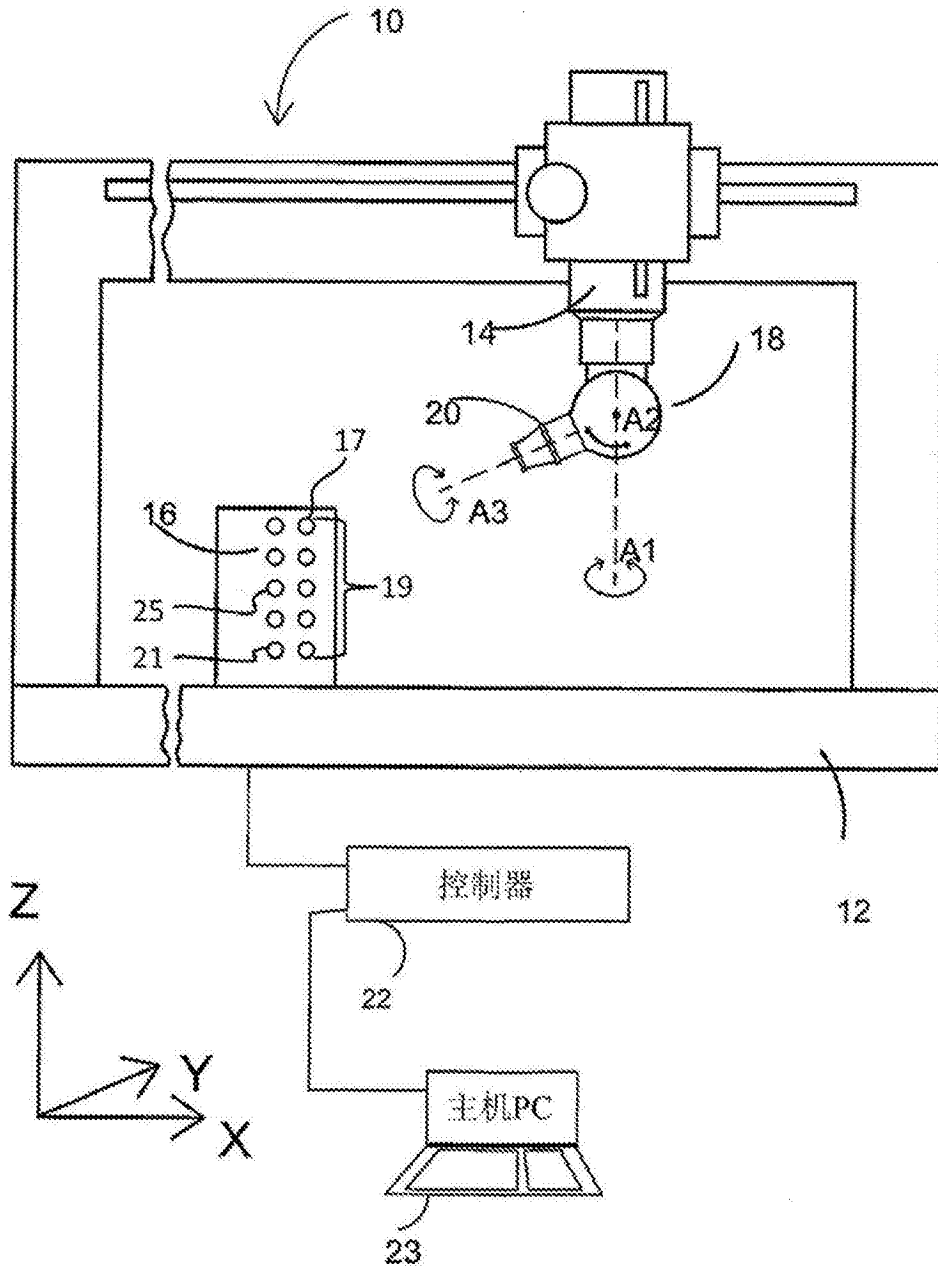


图1

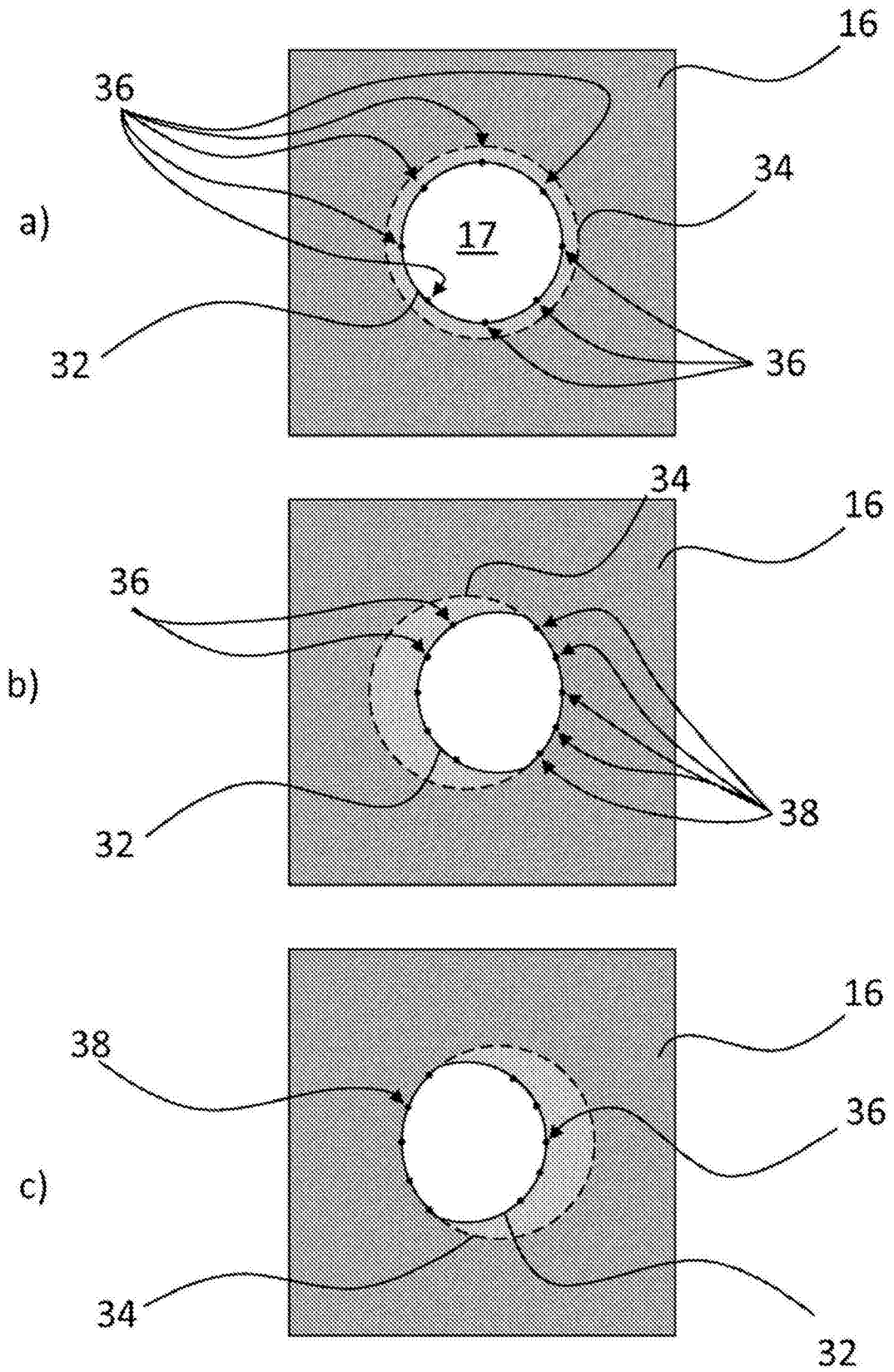


图2

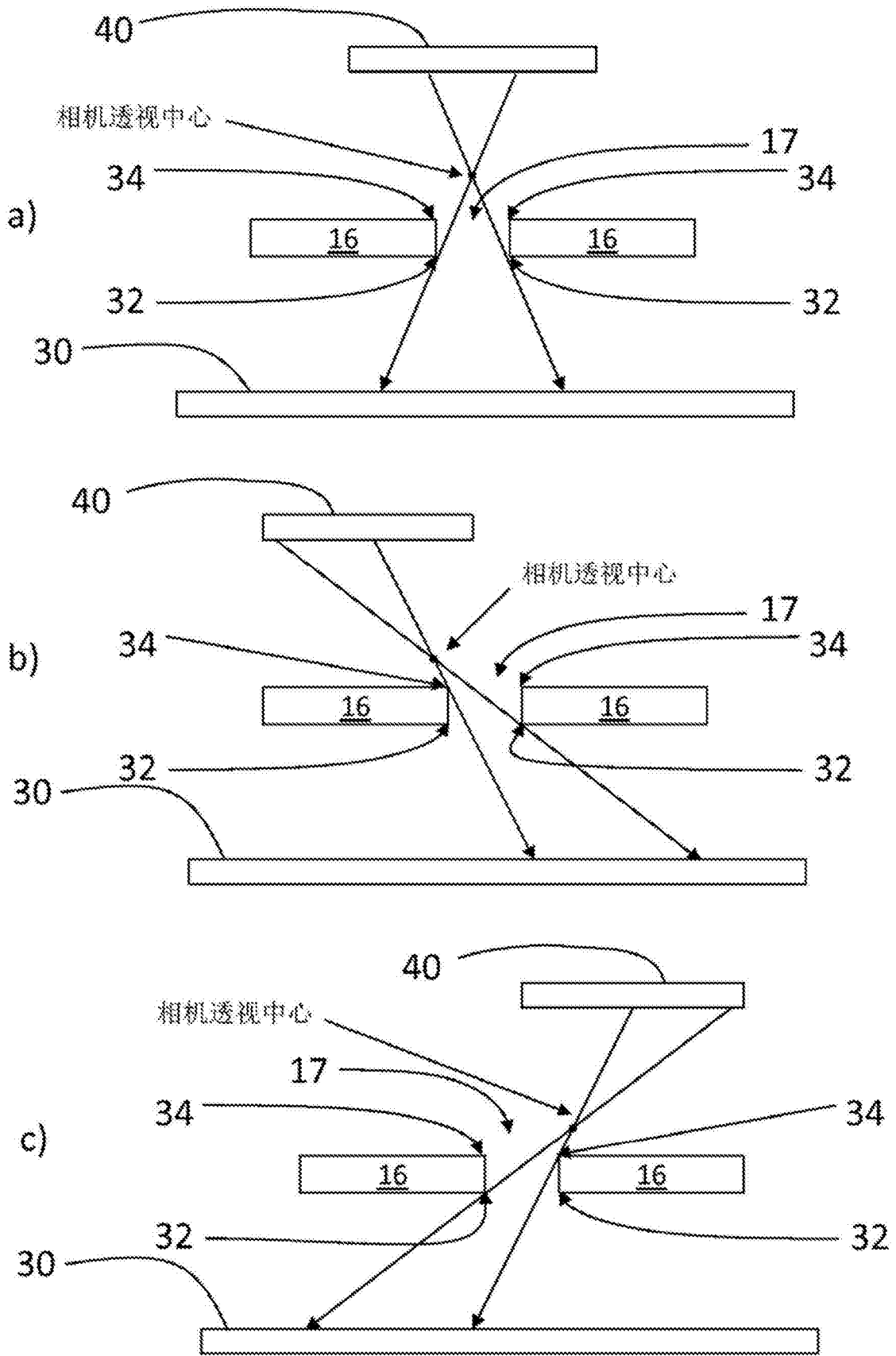


图3

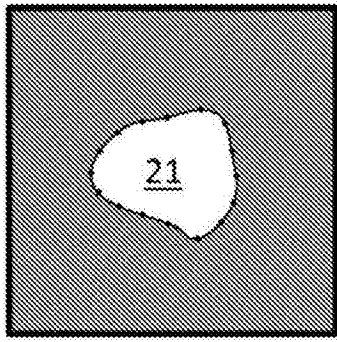


图4a

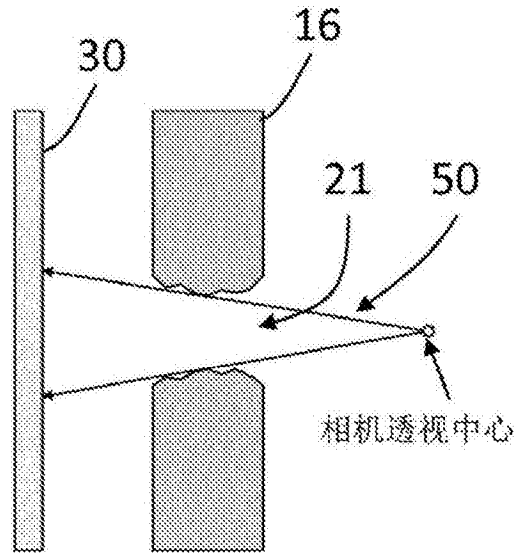


图4b

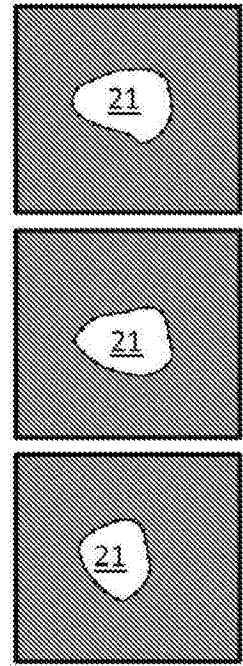


图5a

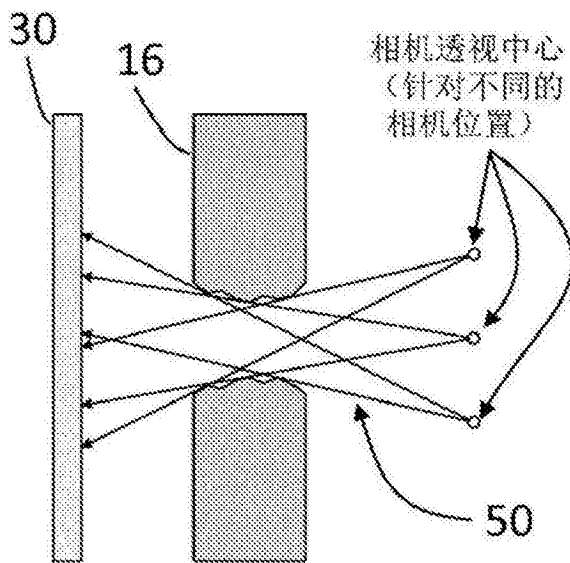


图5b

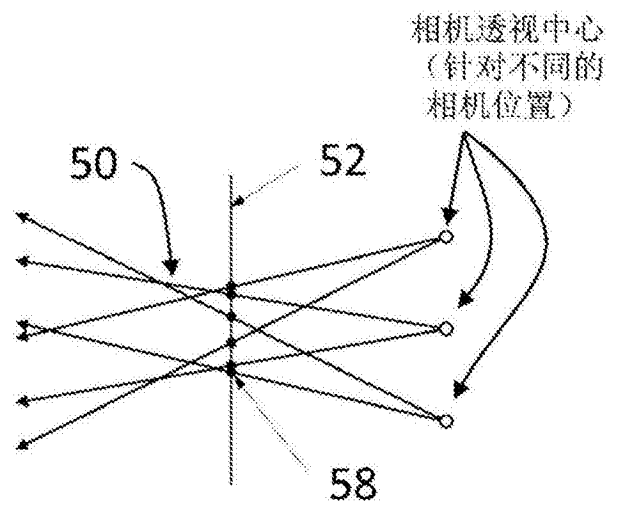


图5c

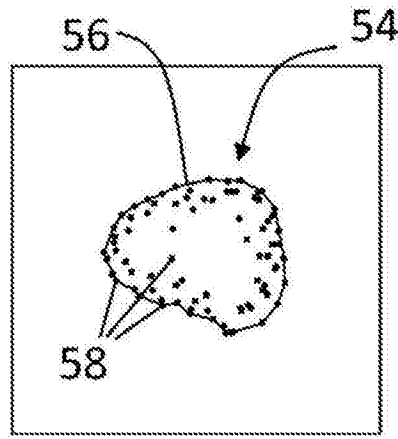
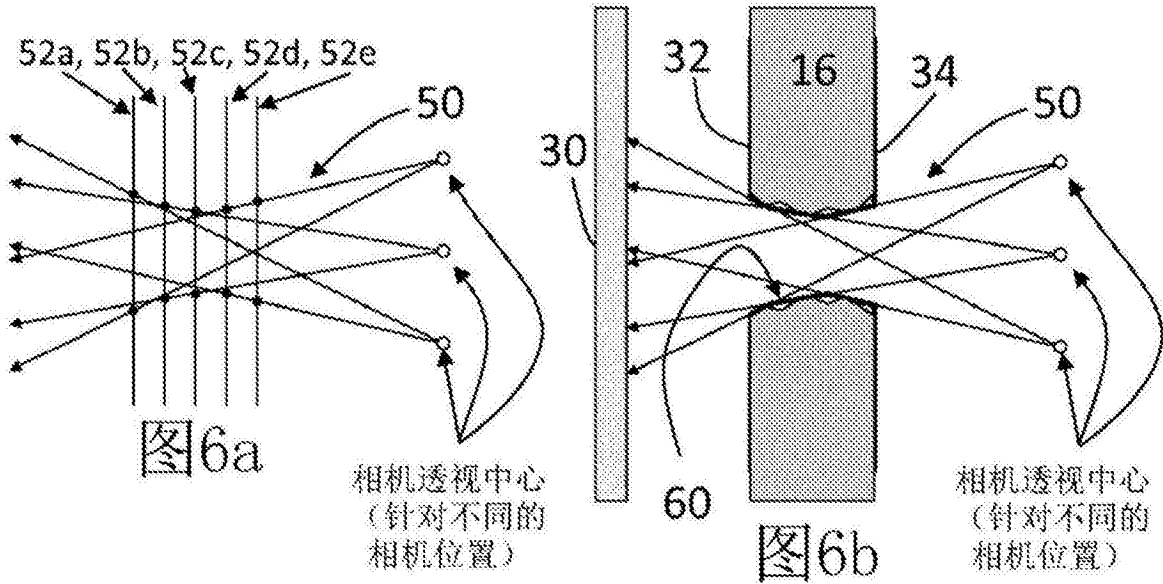


图5d



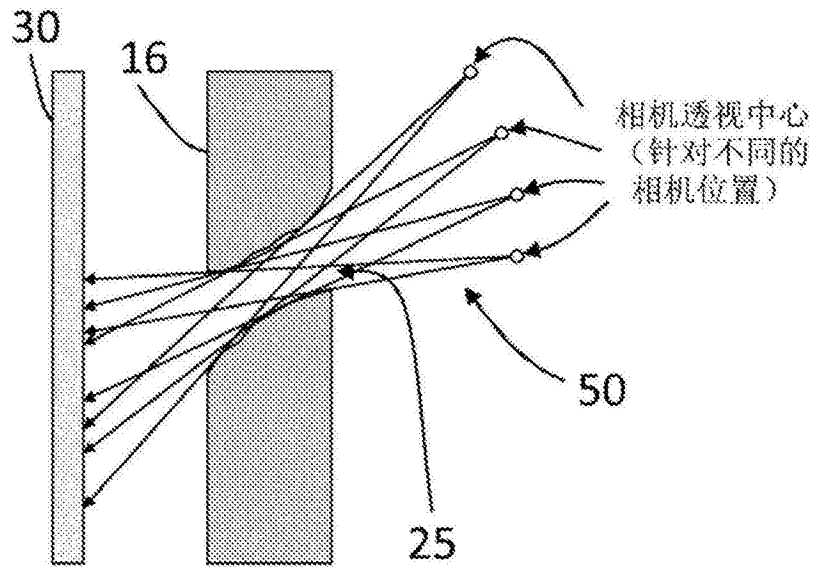


图7a

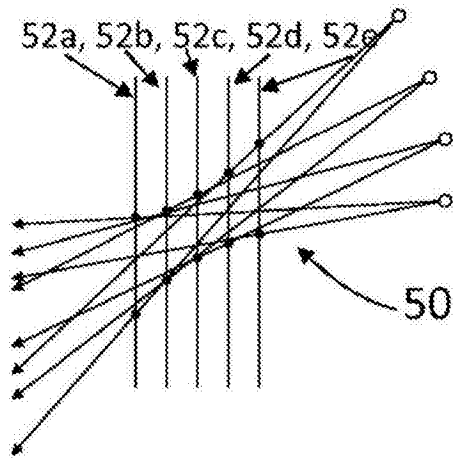


图7b

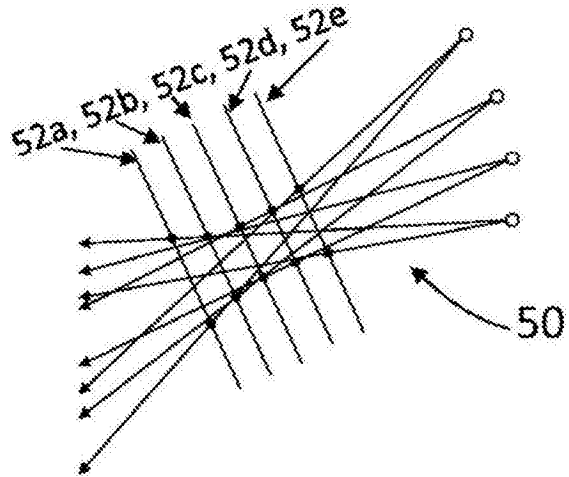
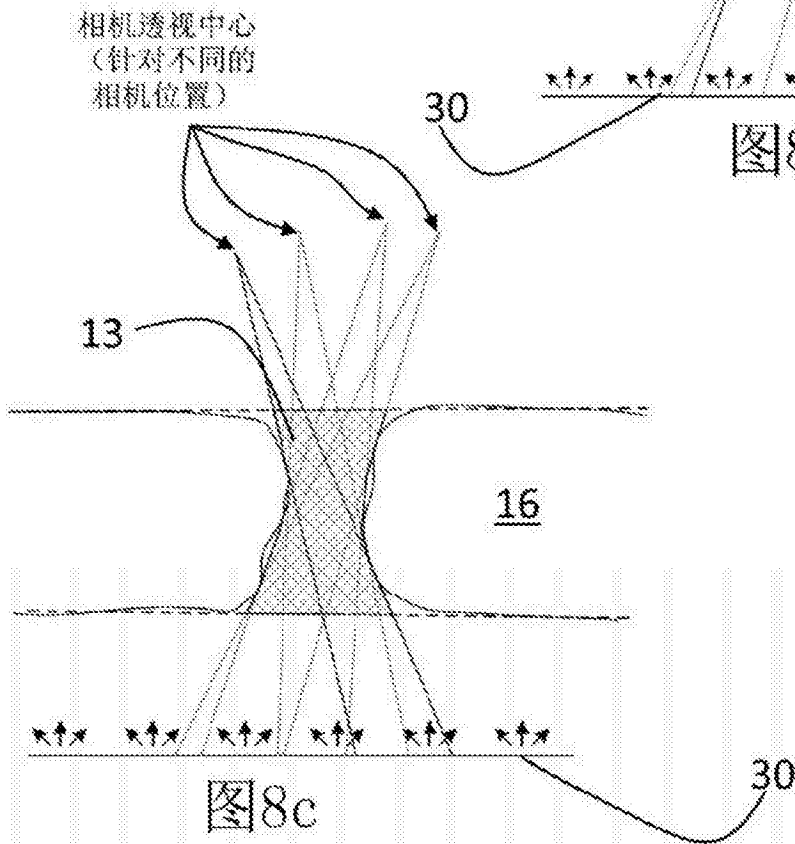
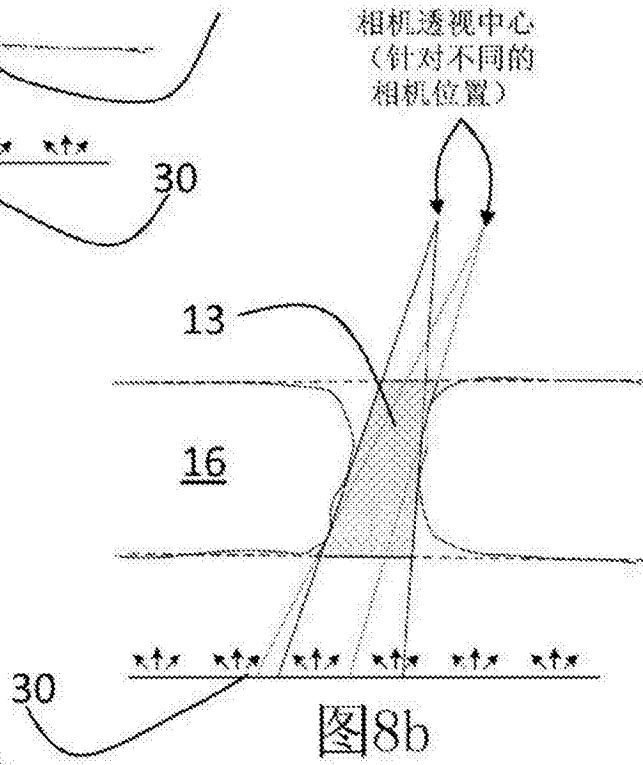
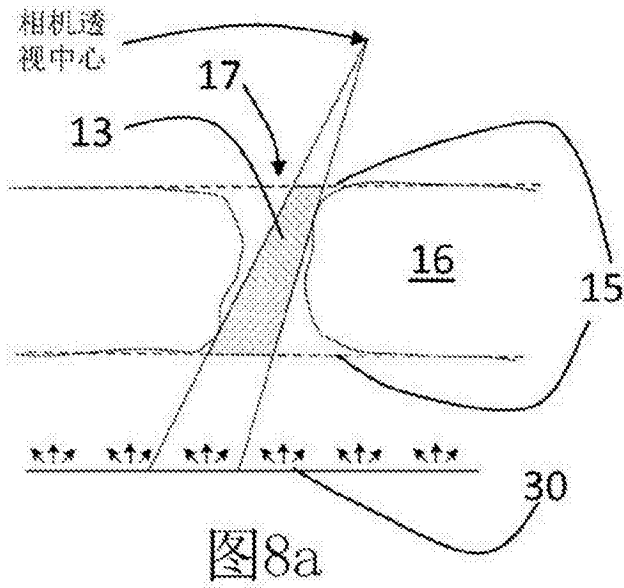


图7c



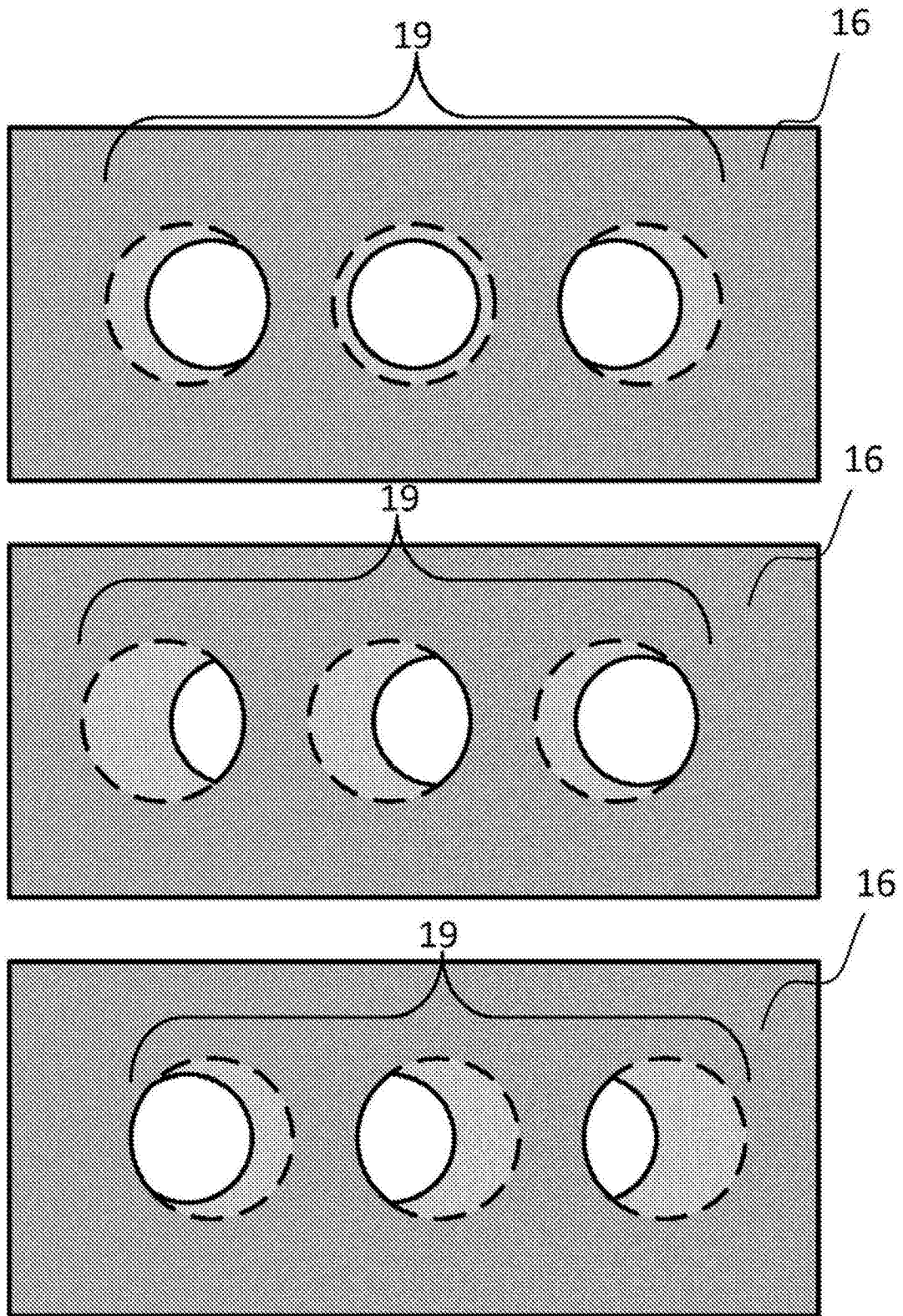


图9a

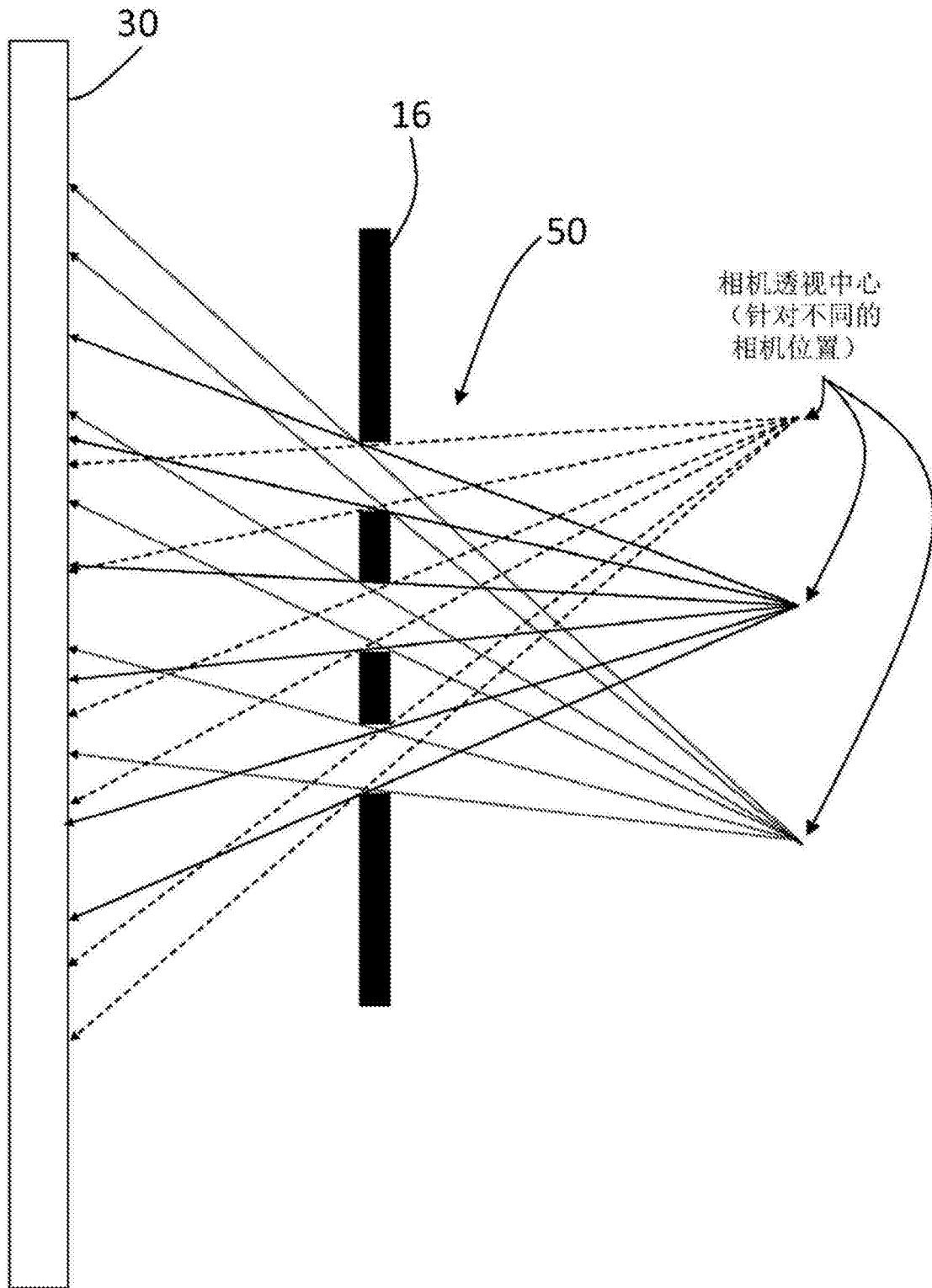


图9b