



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102649169 B

(45) 授权公告日 2016. 08. 10

(21) 申请号 201210042188. 7

(22) 申请日 2012. 02. 22

(30) 优先权数据

13/032, 596 2011. 02. 22 US

(73) 专利权人 波音公司

地址 美国伊利诺伊州

(72) 发明人 B·萨 J·D·甘博亚

C·J·埃里克森

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司

公司 11245

代理人 赵蓉民

(51) Int. Cl.

B23B 47/00(2006. 01)

B25J 15/06(2006. 01)

B25J 9/16(2006. 01)

B25J 19/00(2006. 01)

G01L 5/00(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2006/0143890 A1, 2006. 07. 06,

CN 101827688 A, 2010. 09. 08,

CN 1237924 A, 1999. 12. 08,

EP 1132164 A2, 2001. 09. 12,

GB 2400811 A, 2004. 10. 27,

CN 101417348 A, 2009. 04. 29,

审查员 肖丽华

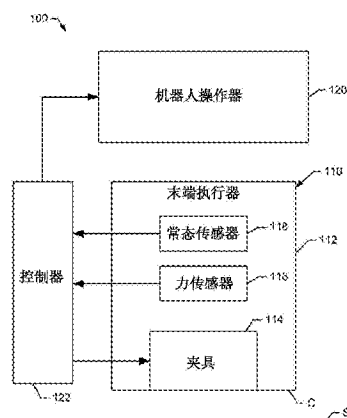
权利要求书2页 说明书4页 附图8页

(54) 发明名称

用于末端执行器夹具的力和常态感测

(57) 摘要

本发明涉及用于末端执行器夹具的力和常态传感。机器人系统包括末端执行器、力传感器和多个常态传感器,末端执行器包括电磁夹具,力传感器附着于末端执行器,用于测量由夹具对工件表面施加的力。常态传感器置于力传感器周围,从而在力传感器与表面接触前确定夹具是否垂直于表面。



1. 一种机器人系统,其包括:
末端执行器,其包括电磁夹具;
力传感器,其附着于所述末端执行器,用于测量由所述夹具向工件表面施加的力;以及
多个常态传感器,其置于所述力传感器周围,用于在所述力传感器与所述工件表面接触前确定所述夹具是否垂直于所述工件表面。
2. 根据权利要求1所述的系统,其中所述常态传感器包括至少三个传感器,用于测量关于所述夹具的第一和第二旋转轴的方位。
3. 根据前述权利要求的任一项所述的系统,还包括:
机器人操作器,其用于移动所述末端执行器;以及
控制器,其响应于所述常态传感器的输出,用于命令所述机器人操作器移动所述末端执行器,直到所述夹具垂直于所述工件表面而不允许所述力传感器与所述工件表面接触。
4. 根据权利要求3所述的系统,其中所述控制器响应于所述力传感器的输出而命令所述夹具产生夹紧力。
5. 根据权利要求3所述的系统,还包括校准板,其用于校准所述常态传感器的位置,所述校准板具有凸起部分和较低部分,所述力传感器停留在凸起部分上,在较低部分上定义了用于所述常态传感器的顶部的校准平面。
6. 根据权利要求3所述的系统,其中所述控制器确定用于所述常态传感器的校准平面;将所述夹具移动至工件表面上,确定在所述常态传感器上的销件离所述校准平面的距离,然后定向所述夹具,使得相向的常态传感器的距离相等。
7. 根据权利要求3所述的系统,其中所述力传感器位于所述夹具的表面;并且其中每个常态传感器包括销件和用于确定所述销件位置的线性位移传感器,每个销件可移动以便其顶部能够延伸超过所述夹具的表面。
8. 根据权利要求3所述的系统,其中所述力传感器和常态传感器与所述夹具集成。
9. 一种电磁夹具,其包括:
芯子;
环绕所述芯子的绕组;
夹具表面上的力传感器;以及
布置在所述力传感器周围的多个线性位移传感器,所述线性位移传感器具有比所述力传感器从所述夹具表面进一步延伸的顶部,这使得在所述力传感器不触碰工件表面的情况下,能够确定所述夹具相对于所述工件表面的常态。
10. 根据权利要求9所述的夹具,其中四个线性位移传感器设置于所述力传感器周围。
11. 根据权利要求9或10所述的夹具,其中每个线性位移传感器包括嵌入所述芯子中的线性可变差动变压器即LVDT和从所述LVDT延伸的销件。
12. 根据权利要求11所述的夹具,进一步包括用于将所述力传感器固定至所述芯子的轴套,其中所述轴套提供夹具表面。
13. 一种使用权利要求9至12中任一项所述的夹具的方法,其包括:
为所述线性位移传感器确定校准平面;
将所述夹具置于工件上,其中所有常态传感器的顶部触碰所述工件表面;
确定每个顶部离所述校准平面的距离;

重新定向所述夹具,直到相向的常态传感器的距离相等;

在维持所述距离的同时,将所述夹具朝向所述工件表面移动,直到所述夹具表面触碰所述工件表面;以及

由所述夹具施加夹紧力。

14.根据权利要求13所述的方法,还包括对所述工件执行制造操作,其包括:

将钻孔器通过轴线开口插入所述芯子中,以及

在读取所述力传感器并且控制所述绕组从而确保在钻孔过程中施加精确的夹紧力的同时,使用所述钻孔器在所述工件中钻出孔。

15.一种包括使用夹具对工件执行制造操作的方法,所述夹具包括力传感器,其用于测量所述夹具对所述工件表面的夹紧力,其中使用所述夹具包括:

将所述夹具的夹紧表面接近于所述工件表面放置;

使用位移传感器在所述夹紧表面触碰所述工件表面之前,确定所述夹紧表面相对于所述工件表面的常态;

在维持所述夹紧表面的常态的同时,将所述夹紧表面朝向所述工件表面移动;以及

对着所述工件表面夹紧所述夹具;

其中通过所述位移传感器的感测与通过所述力传感器的感测去耦合。

16.根据权利要求15所述的方法,其中所述制造操作包括钻孔操作。

17.根据权利要求15或16所述的方法,其中所述工件包括复合飞机板;所述方法还包括将金属支撑板放置在所述复合飞机板之后。

用于末端执行器夹具的力和常态感测

背景技术

[0001] 在商用飞机的装配过程中,在限制空间(confined space)的内部和外部同步执行某些操作。考虑将翼梁紧固至翼盒面板的操作。在面板的一侧,翼盒外部的装配系统执行钻孔、打埋头孔(countersinking)和紧固件插入任务。在面板另一侧的翼盒内的人或系统将套管和螺母放置在插入的紧固件上。

[0002] 在钻孔过程中,装配系统需要对面板施加适当的夹紧力。如果电磁体被用于施加夹紧力,则可以根据供应给电磁体线圈的电流估算夹紧力。然而,估算并不总是正确的。错误的估算会导致夹紧力不足。

[0003] 如果在钻孔操作过程中夹紧力不足,则钻孔器会偏移。结果,钻出的孔的位置将超差。考虑到需要在商用飞机里精确地钻出的孔的数量,超差的孔成本会相当大。

[0004] 在钻孔过程中期望准确地测量夹紧力而不是估算夹紧力。

发明内容

[0005] 根据此处的一个方面,机器人系统包括末端执行器、力传感器和多个常态(normality)传感器,末端执行器包括电磁夹具,力传感器附着于末端执行器,用于测量由夹具对工件表面施加的力。常态传感器置于力传感器周围,从而在力传感器与表面接触前确定夹具是否垂直于表面。

[0006] 根据此处的另一方面,电磁夹具包括芯子、环绕芯子的绕组、夹具表面上的力传感器和在力传感器周围设置的多个线性位移传感器。线性位移传感器具有比力传感器从夹紧表面更进一步延伸的顶部(tip),这使得在力传感器不触碰表面的情况下,能够确定夹具相对于工件表面的常态。

[0007] 根据此处的又一方面,一种方法包括使用夹具对工件执行制造操作,其中夹具包括力传感器,用于测量夹具对工件表面的夹紧力。使用夹具包括将夹具的夹紧表面接近工件表面放置、在夹紧表面触碰工件表面之前确定夹紧表面相对于工件表面的常态、在维持夹紧表面的常态的同时将夹紧表面朝向工件表面移动以及对着/倚着工件表面夹紧夹具。

附图说明

[0008] 图1示出包括末端执行器的机器人系统。

[0009] 图2示出控制机器人系统以对着工件表面夹紧末端执行器的方法。

[0010] 图3示出相对于末端执行器轴线的力传感器和常态传感器。

[0011] 图4A示出常态传感器。

[0012] 图4B示出相对于校准平面的两个常态传感器顶部。

[0013] 图5示出电磁夹具的芯子,其中芯子中嵌有力传感器和常态传感器。

[0014] 图6示出包括图5的芯子的电磁夹具。

[0015] 图7示出控制图6的电磁夹具的方法。

[0016] 图8A-8D示出在校准、定位和夹紧过程中图6的电磁夹具。

[0017] 图9示出制造操作期间的电磁夹具。

具体实施方式

[0018] 参考图1,其示出了使用测得的夹紧力对着工件表面(S)夹紧末端执行器110的机器人系统100。末端执行器110包括主体112和电磁夹具114。在一些实施例中,主体112和夹具114可以是集成的。在其他实施例中,主体112和夹具114可以是分开的元件。

[0019] 在系统100的操作过程中,末端执行器110的夹紧表面(C)将离开工件表面(S)移动。末端执行器110还包括力传感器116,其用于测量由夹具114对工件表面(S)施加的力。例如,力传感器116可以包括应变计、液压传感器或形状记忆传感器(shape memory sensor)。当夹紧表面(C)垂直于工件表面(S)时,读数(Reading)最准确。

[0020] 末端执行器110还包括安置在力传感器116周围的多个常态传感器118。在一些实施例中,常态传感器118可以是线性位移传感器。在其他实施例中,常态传感器118可以是接近度/距离传感器。常态传感器118能够在力传感器116接触工件表面(S)之前确定夹紧表面(C)是否垂直于工件表面(S)。该布置允许常态传感器118的运动与力传感器116去耦合,以便可以相对于工件表面(S)标准化夹紧力。当力传感器116垂直于工件表面时,力测量值更准确。将运动去耦合进一步提高了准确性。例如,正在确定常态性的同时力传感器116与工件表面接触。末端执行器110将要求更复杂的设计,包括力传感器和末端执行器之间的球面轴承,以便力传感器正在触碰工件表面(S)的同时旋转夹具。结果,反作用力(reactionary force)将磨损球面轴承并引起夹具偏移。将运动去耦合避免了这些问题。除了以较高准确度测量夹紧力之外,系统100还具有无需球面轴承的较简单的设计。

[0021] 机器人系统100还包括用于移动末端执行器110的机器人操作器120。例如,机器人操作器120可以包括机器人臂。

[0022] 机器人系统100还包括用于命令机器人操作器120移动末端执行器110的控制器122。控制器122还读取力传感器116和常态传感器118;并且控制夹具114产生夹紧力。控制器122可以是基于微处理器的。

[0023] 现在参考图2,其示出由控制器122执行的某些功能。在方框210中,控制器122命令机器人操作器120移动末端执行器110离开工件表面(S),直到常态传感器118指示夹紧表面(C)垂直于工件表面(S)。在该移动过程中,力传感器116不与工件表面(S)接触。

[0024] 在方框220中,控制器122命令机器人操作器120将末端执行器110朝向工件表面(S)移动。控制器122还使用常态传感器118以确保夹紧表面(C)与工件表面(S)保持垂直。

[0025] 在方框230中,控制器122读取力传感器166,以确定末端执行器110与工件表面(S)何时接触。在夹具与工件表面(S)垂直的情况下,控制器122命令夹具144产生夹紧力。夹紧力引起末端执行器110向工件表面(S)夹紧。控制器122读取力传感器116并控制夹具114,以确保施加精确的夹紧力。

[0026] 现在参考图3,其示出了一个实施例,在其中围绕力传感器116间隔四个常态传感器118。沿第一旋转轴(R1)布置第一对相向的传感器118,由N1和N2指代。沿第二旋转轴(R2)布置第二对相向的传感器,由N3和N4指代。在平面和非平面表面上可以使用四个常态传感器118。在一些实施例中,在平面表面上可以使用三个常态传感器118。

[0027] 现在参考图4A,其示出常态传感器410的实施例。图4的常态传感器410可以是线性

位移传感器412,例如线性可变差动变压器(LVDT)。传感器410包括销件(pin)414和线圈(未示出)。销件414的顶部416被配置为与工件的表面接触。在操作过程中,相对于线圈移动销件414,其感测电压。电压的变化与销件414的位移成比例。

[0028] 在一些实施例中,可以将力传感器116和/或常态传感器118与夹具114分离地安装至末端执行器110。在其他实施例中,一个或多个传感器116和118可以与夹具114集成。

[0029] 现在参考图5和图6,其示出具有集成的力传感器512和常态传感器514的电磁夹具510的实施例。夹具510包括具有轭件518和板件520的芯子516。轴向通道522穿过轭件518和板件520延伸。

[0030] 具有环形的力传感器512嵌入轭件518中,并且包围轴向通道522。轴套(bushing)524将力传感器512保持在轭件518中并从轭件518向外延伸。轴套524提供夹紧表面(C)。只有轴套524的夹紧表面(C)将会与工件表面(S)接触。在一些实施例中,轴套524和力传感器512可以是分开的元件。在其他实施例中,轴套524和力传感器512可以是集成的。

[0031] 图4A中所示类型的四个常态传感器514围绕轴向通道522被隔开。使用对应的可移动销件将每个线性位移传感器嵌入轭件518中。可以移动销件,使得其顶部延伸越过夹紧表面(C)。可以移动销件,使得其顶部与夹紧表面(C)齐平或在其下方。

[0032] 按图3所示模式布置常态传感器514。沿第一轴线R1布置两个相向的常态传感器514(N1和N2)。沿第二轴线R2布置其他两个相向的常态传感器514(N3和N4)。

[0033] 绕组526环绕轭件518。当绕组526通电时,其产生电磁场。壳体528覆盖绕组526。

[0034] 图5和图6的芯子510包含若干针对钻孔操作的特征。轴向通道522允许钻头插入其中。碎片出口允许在钻孔过程中移除碎片。

[0035] 现在再参考图7,其示出电磁夹具510的操作。操作开始于传感器校准。可以使用具有凸起部分812和较低部分814的校准板810。

[0036] 在方框710中,确定用于常态传感器514的校准平面。夹具510置于校准板810上,其中轴套524停留在凸起部分812上,并且所有四个常态传感器514与较低部分814接触(参看图8A)。读取并存储每个常态传感器514的位置。这些存储的位置定义校准平面。

[0037] 传感器校准完成后,夹具510从校准板810移除。当移除夹具510时,销件顶部延伸越过校准平面。

[0038] 然后,夹具510置于工件820的表面(S)上。在方框720中,夹具510放置为使得常态传感器514的延长销件(extended pin)触碰表面(S)(参看图8B)。在方框730中,读取常态传感器514,以确定每个顶部离校准平面的距离 Φ 。图4B示出针对常态传感器N1和N2的距离 Φ_{N1} 和 Φ_{N2} 。

[0039] 在方框740中,偏移 ΔA 被确定为 $\Phi_{N1}-\Phi_{N2}$ 类似地,偏移 ΔB 被确定为 $\Phi_{N3}-\Phi_{N4}$

[0040] 在方框750中,操纵夹具510直到相向的传感器的顶部离校准平面具有相同的距离。也就是,移动夹具直到 $\Delta A=0$ 且 $\Delta B=0$ (参看图8C)。当 $\Delta A=0$ 且 $\Delta B=0$ 时,夹紧表面(C)被认为与工件表面(S)垂直。

[0041] 在方框760中,移动夹具514朝向工件表面(S),确保 ΔA 和 ΔB 保持在 $\Delta A=0$ 且 $\Delta B=0$ 。以这种方式,当夹紧表面(C)朝向工件表面(S)移动时,夹紧表面(C)保持垂直。监控力传感器512,以确定轴套524与工件表面(S)何时接触。

[0042] 当力传感器512指示轴套524触碰工件表面(S)(参看图8D)时,停止夹具510的运动。此时,夹具510垂直于表面(S),但还尚未施加夹紧力。

[0043] 在方框770中,绕组526被通电从而产生夹紧力。在方框780中,施加夹紧力的同时执行制造操作。在方框770和780中,不停地读取力传感器512以确定正在施加的实际夹紧力,并且调整绕组526的电流,以确保在制造操作期间施加精确的夹紧力。

[0044] 现参考图9,其示出对工件910的制造操作过程中的由复合材料或其他非金属制成的夹具510。夹具510可以被校准,然后置于工件910的一侧,金属支撑板920(例如钢板)置于工件910的另一侧。当夹具510的绕组通电时,工件910被夹紧在夹具510和支撑板920之间。轴套在将被钻孔的位置周围提供高夹紧力。

[0045] 制造操作可以包括穿过夹具510的轴向通道插入钻孔器以及在工件910里钻出孔。当正在钻孔时,将真空应用于出口从而移除钻屑。钻出孔后,移除钻孔器,并且将紧固件插入轴向通道522且穿过钻出的孔。释放夹紧力,移除支撑板920,并在紧固件上放置螺母。

[0046] 在飞机的组装过程中可以使用图9的制造操作。例如,其可以被用来将翼梁紧固至翼盒的面板上。夹具510被用于在面板的一侧执行钻孔、打埋头孔和紧固件插入任务。在面板的另一侧的翼盒内的人或系统将套管和螺母放置在插入的紧固件上。美国公开No.2009/0287352描述了能够将套管或螺母放置在限制空间内的紧固件上的机器人系统,该限制空间只能通过入口进入。

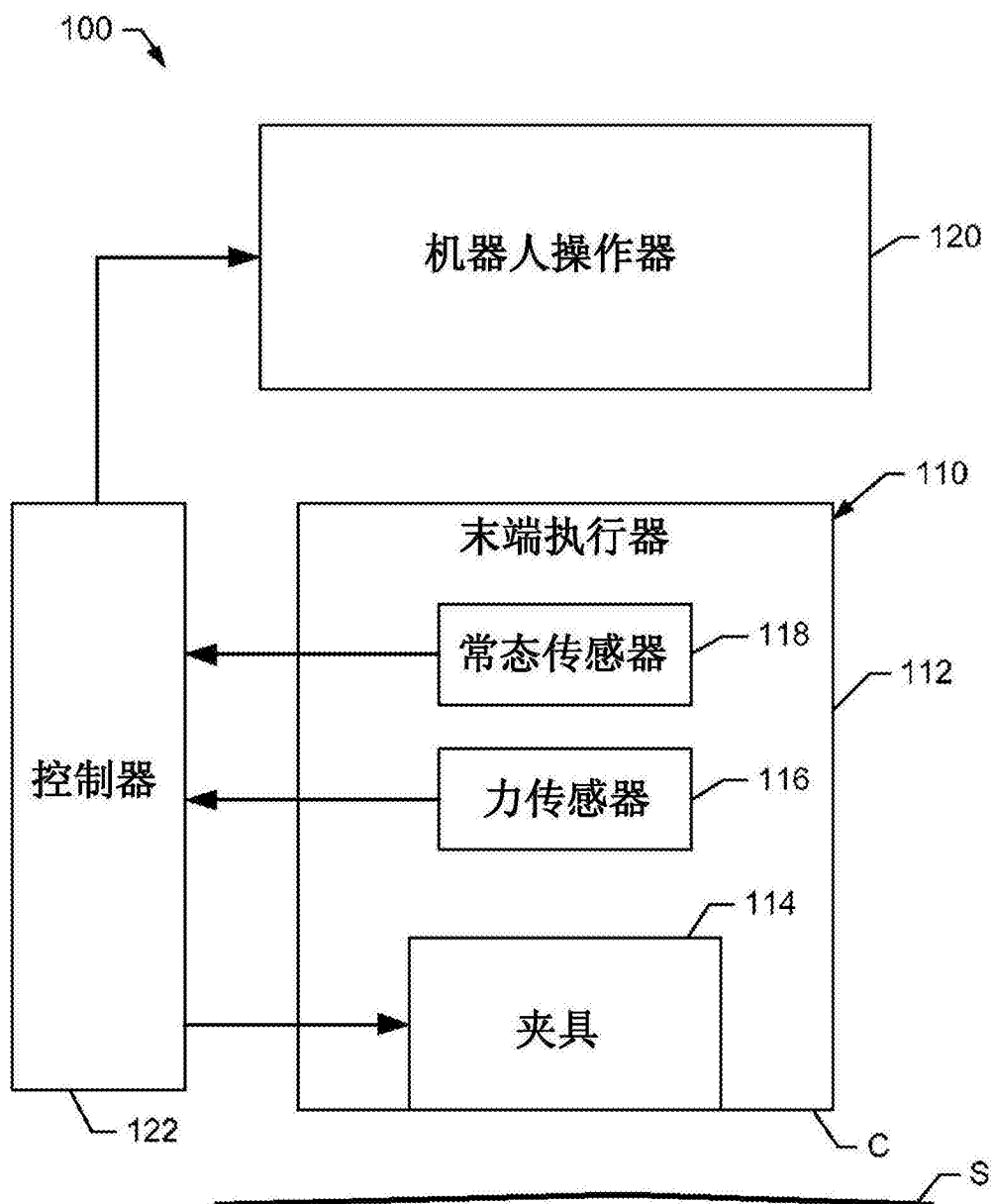


图1

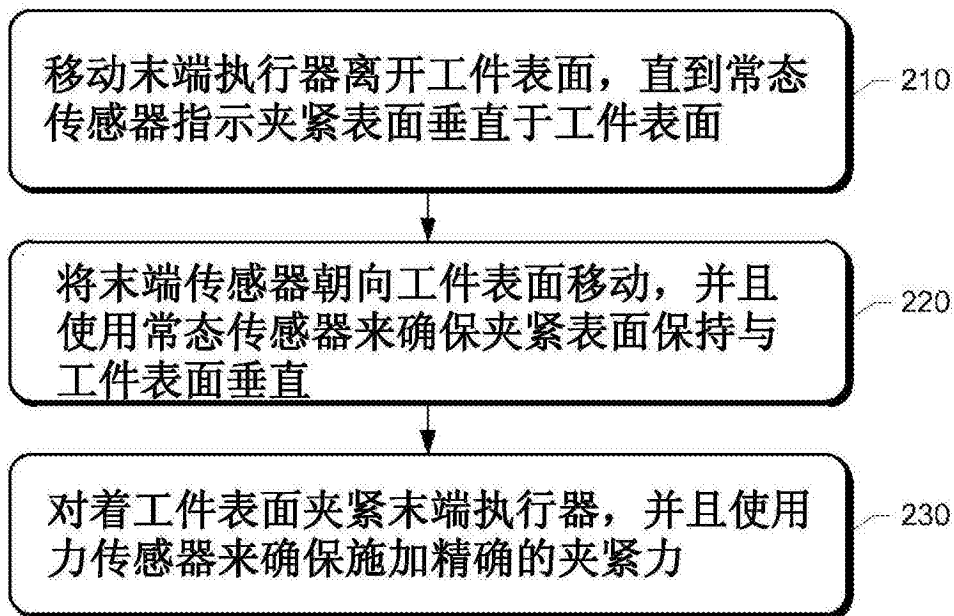


图2

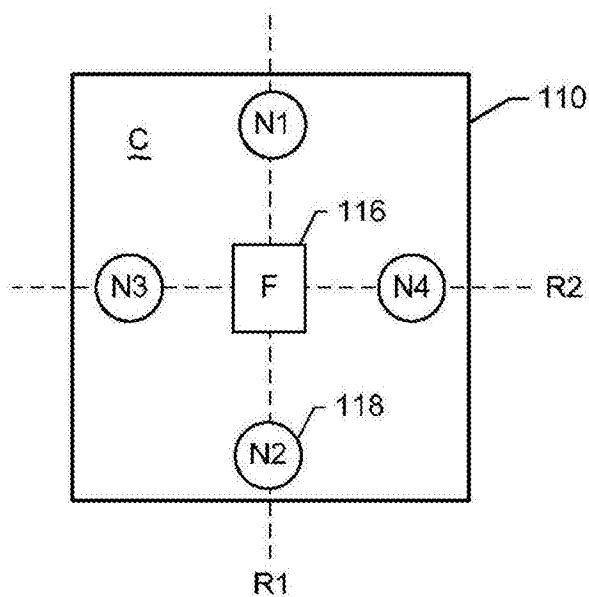


图3

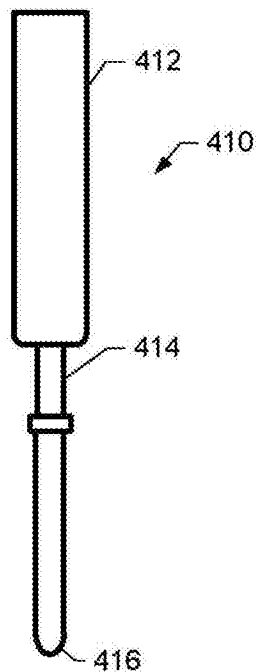


图4A

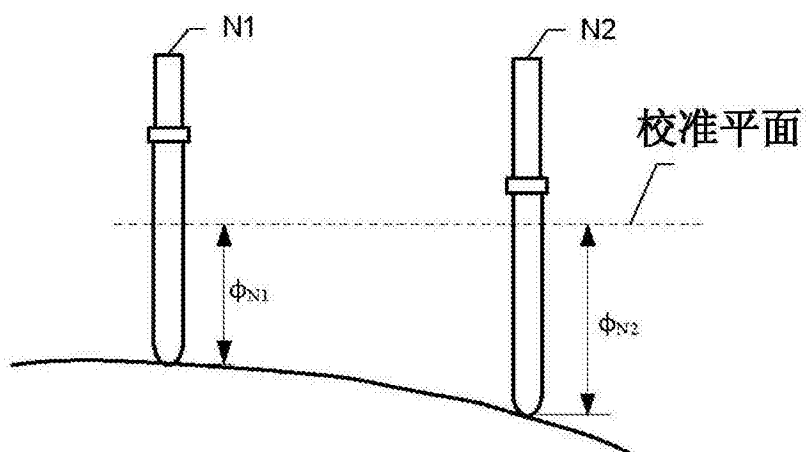


图4B

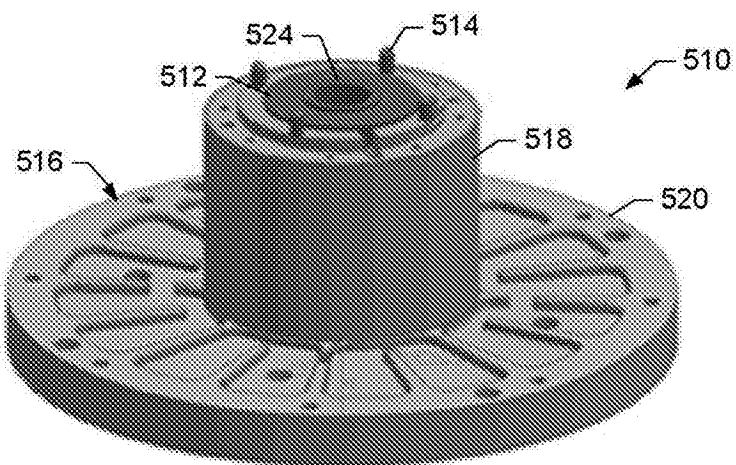


图5

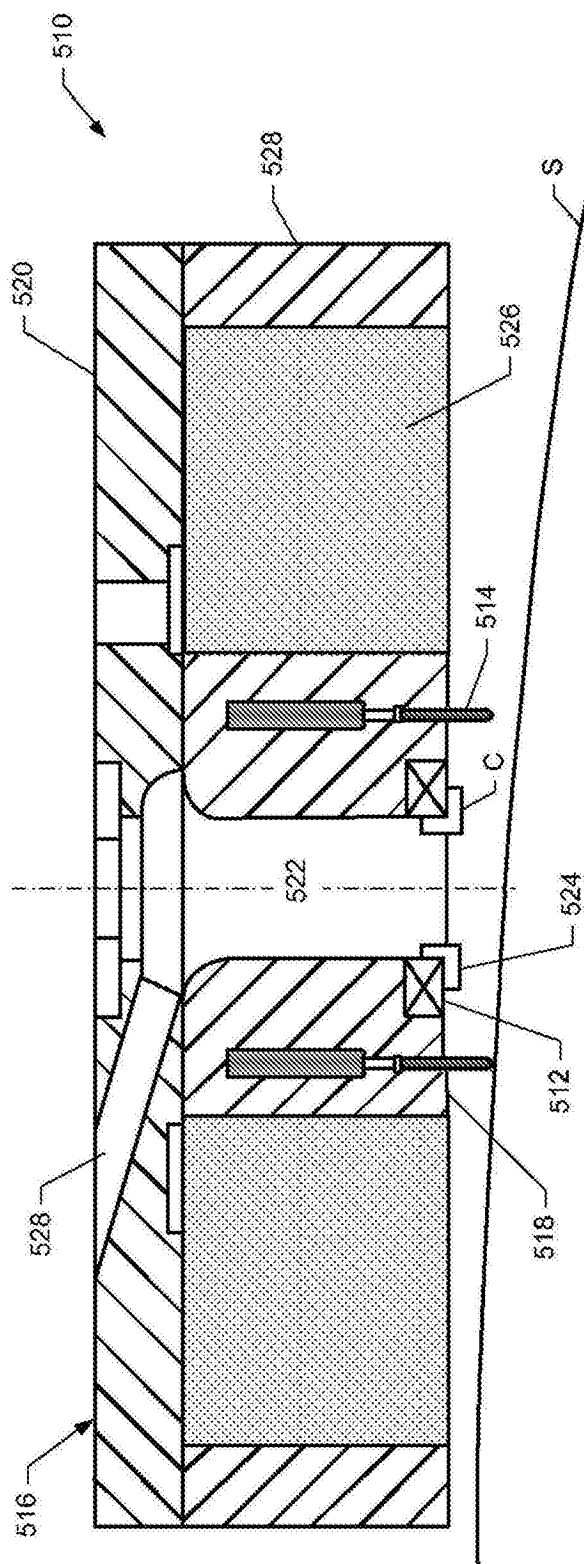


图6



图7

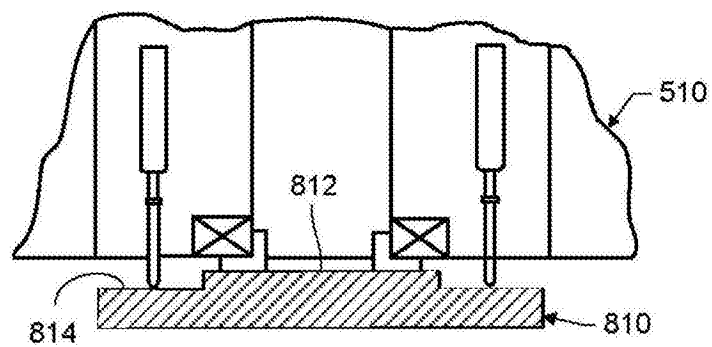


图8A

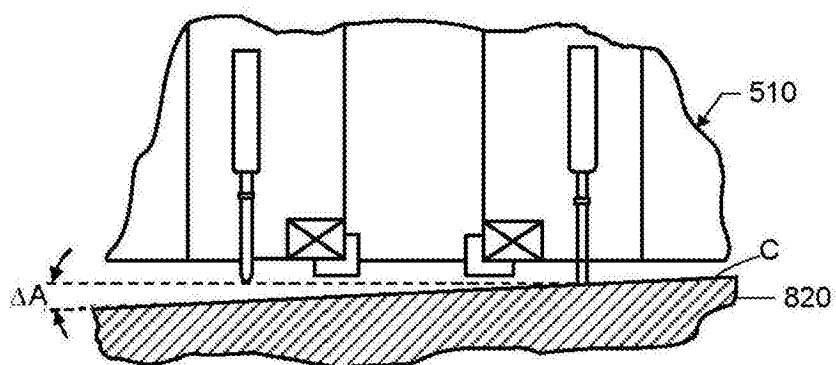


图8B

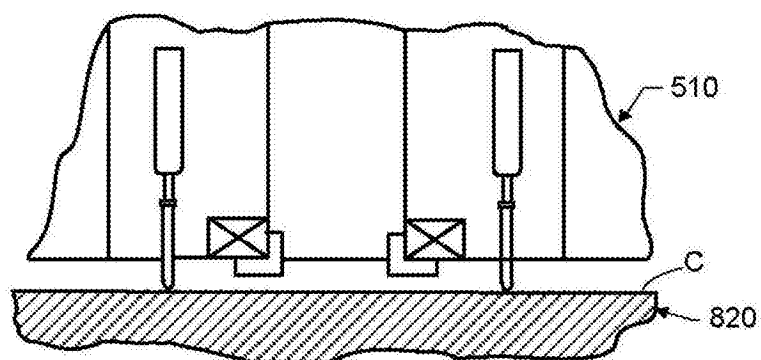


图8C

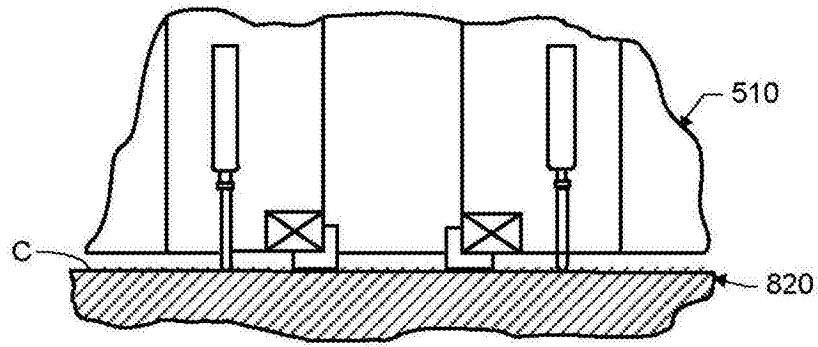


图8D

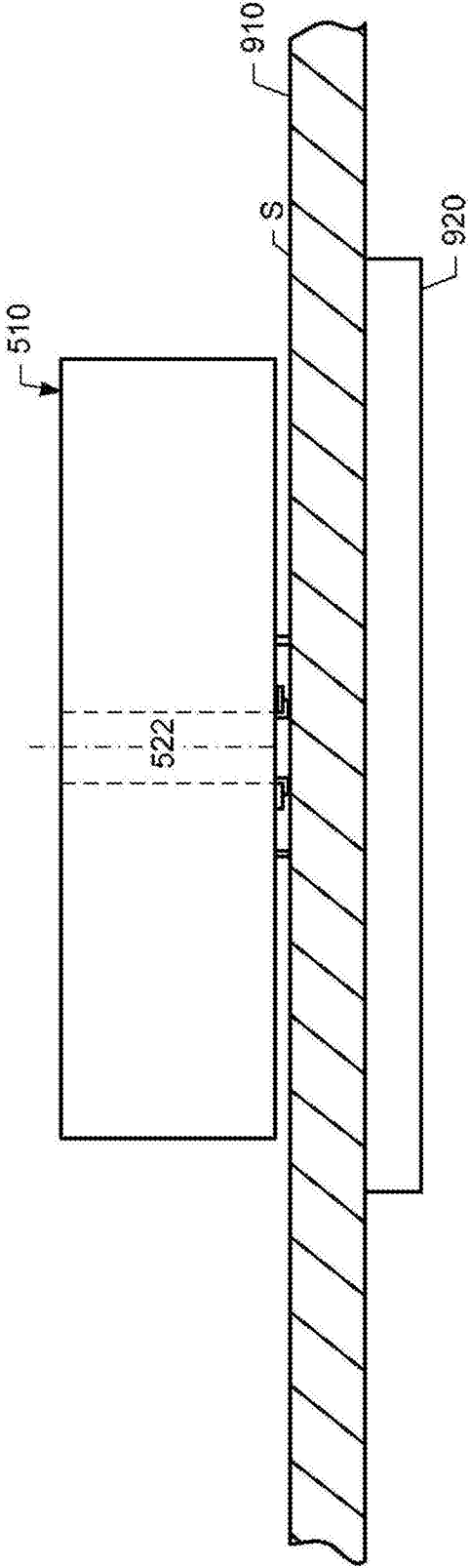


图9