

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 96104910.3

[45] 授权公告日 2002 年 5 月 8 日

[11] 授权公告号 CN 1084477C

[22] 申请日 1996.4.22 [24] 颁证日 2002.5.8

[21] 申请号 96104910.3

[30] 优先权

[32] 1995.4.20 [33] US [31] 08/425,921

[73] 专利权人 英特斯特 IP 公司

地址 美国特拉华州

[72] 发明人 艾伦 R·霍特

审查员 胡 斌

[74] 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限责任公司

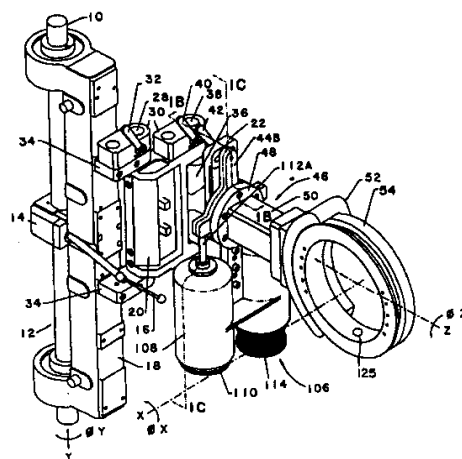
代理人 余 刚

权利要求书 5 页 说明书 12 页 附图页数 6 页

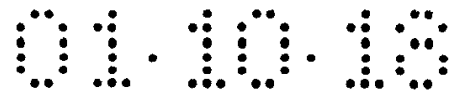
[54] 发明名称 带有电缆枢轴的装置测试系统及其安装方法

[57] 摘要

一种将电子测试头安装成可围绕三个正交轴作枢轴运动的装置测试系统。在测试箱和带有电子信号的测试头之间用电缆予以连接。该测试头直接安装于一个单件的电缆枢轴,并且该电缆通过该单件电缆枢轴接入该测试头。该单件的电缆枢轴采用将凸轮随动件通过该环中的开口附置在壳体上的安装方法附置于其壳体上。



ISSN 1008-4274



权利要求书

1. 为测定电子装置并且包括测试头（56）的装置测试系统，其特征在于包括：

 一个可移动的定位器（12）；

 一个包括有内弯曲表面的电缆枢轴壳体（52）并且在所述壳体（52）一侧有边缘（60）；

 将所述电缆枢轴壳体（52）附置于所述定位器（12）上的装置（48）；

 一个测试头适配器环（54），该测试头适配器环包括有在邻接所述弯曲面以及所述电缆枢轴壳体（52）的所述边缘（60）的同时将所述测试头适配器环（54）以旋转方式定位的单独机件，所述测试头适配器环（54）包括有延伸于 a) 沿所述测试头适配器环（54）外周的外表面，和 b) 沿所述测试头适配器环（54）内周的内表面之间的一个开口（125）；

 将所述测试头适配器环（54）附置在所述电缆枢轴壳体（52）上的第一附置装置；

 将所述测试头（56）附置于所述测试头适配器环（54）上以使所述测试头（56）作枢轴运动的第二附置装置。

2. 根据权利要求 1 所述的装置测试系统，其中：

a) 邻近所述边缘（60）的所述测试头适配器环（54）的一个表面具有一在其表面形成的导件；

- b) 所述测试头适配器环(54)的外周有一径向槽;
 - c) 在所述电缆枢轴壳体(52)的所述边缘(60)上设置有为接合所述导件的若干水平凸轮随动件(64);以及
 - d) 在所述电缆枢轴壳体(52)的所述内径表面上设置有为接合所述径向槽的若干径向凸轮随动件(66)。
3. 根据权利要求 2 所述的装置测试系统,其中,所述水平凸轮随动件(64)设置为与所述径向凸轮随动件(66)相垂直。
 4. 根据权利要求 3 所述的装置测试系统,其中,有 2 个水平凸轮随动件(64)和 3 个径向凸轮随动件(66)。
 5. 根据权利要求 1 所述的装置测试系统,其中,所述第二附置装置包括:
 - a) 固定于所述测试头适配器环内表面的测试头安装架;以及
 - b) 一端固定于所述测试头并且与所述测试头安装架相接合的一个杆件(94)。
 6. 根据权利要求 1 所述的装置测试系统,其中,所述的第二附置装置包括有一个支撑并且至少部分地围封直接附置在所述测试头适配器环(54)上的所述测试头(56)的支架(96)。
 7. 根据权利要求 1 所述的装置测试系统,其中,所述第二附置装置包括有一个直接在所述测试头(56)上形成并且直接与所述测试头适配器环(54)相连接的凸台(102)。

8. 根据权利要求 1 所述的装置测试系统, 其中, 所述测试头适配器环(54)的外直径比所述测试头(56)的厚度要小。
9. 根据权利要求 1 所述的装置测试系统, 其中, 由所述测试头适配器环(54)所承载的悬梁负载的重心穿过所述电缆枢轴壳体(52)的中心。
10. 根据权利要求 1 所述的装置测试系统, 还包括一个可被所述开口(125)接受并可被附置于所述电缆枢轴壳体(52)内曲面(68)的凸轮随动件(66)。
11. 根据权利要求 1 所述的装置测试系统, 还包括一个通过所述测试头适配器环(54)与所述测试头(56)连接的电缆。
12. 根据权利要求 1 所述的装置测试系统, 其中, 所述的环(54)包括有一个在所述外表面上的槽, 并且所述第一附置装置包括有一个插入开口(125)中, 固定于所述电缆枢轴壳体(52), 并且与槽处于滑动关系以此将所述环(54)固定于所述电缆枢轴壳体(52)的凸起件(66)。
13. 根据权利要求 1 所述的装置测试系统, 其中, 所述的环(54)包括一个在所述环侧面上的附加槽, 并且所述第一附置装置包括有一个与该附加槽处于滑动关系的附加凸起件(64)。

14. 将一电缆枢轴壳体（52）附置于用于支撑测试头（56）的测试头适配器环（54）的方法, 其中:

所述电缆枢轴壳体（52）包括:

- a) 内曲面（68）,
- b) 在所述壳体一侧的边缘（60）,
- c) 若干在所述内曲面（68）形成的开口（63）, 每一开口用于接受若干凸轮随动件（66）其中之一; 以及
- d) 附置于所述边缘的若干凸轮随动件（66）;

所述测试头适配器环（54）包括:

- a) 沿所述测试头适配器环外周的外表面,
- b) 沿所述测试头适配器环内周的内表面, 以及
- c) 延伸于所述内、外表面之间的开口（125）;

所述方法的特征在于包括下列步骤:

将所述测试头适配器环（54）附置于固定在所述边缘（60）上的若干凸轮随动件（64）上;

转动所述测试头适配器环（54）以便所述测试头适配器环的开口（125）与在所述内曲面（68）上形成的若干开口（63）之一相对合;

通过所述测试头适配器环开口（125）将若干凸轮随动件（66）其中之一插入;

将所述若干凸轮随动件（66）之一附置在形成于内曲面（68）上的所述若干开口（63）之一上;

转动所述测试头适配器环（54）以便所述测试头适配器环（54）开口（125）与在所述内曲面（68）形成的若干开口（63）的另一个相对合；

将所述凸轮随动件（66）中的另一个插入所述测试头适配器环开口（125）；并且

将所述若干凸轮随动件（66）中的另一个附置于在所述内曲面（68）形成的若干开口（63）之中的另一个上。

15. 根据权利要求 14 所述的将一电缆枢轴壳体（52）附置于测试头适配器环（54）的方法, 还包括将所述电缆通过所述测试头适配器环（54）与所述测试头（56）相连接的步骤。

说明书

带有电缆枢轴的装置测试系统及其安装方法

本发明所属技术领域

本发明涉及一种测试电子装置的系统,其中,电测头安装在与被测试装置的机械手对接的位置上。具体而言,本发明涉及一种枢轴,该枢轴可与电缆连接并可随一个可移动的测试头一起移动。

与本发明相关的背景技术

在集成电路以及其它电子装置的自动测试过程中,一般采用特殊的装置机械手来定位被测试装置。电子测试本身由一大型的、价格昂贵的自动测试系统来完成,该系统包括一个与装置机械手相连接和对接的测试头。该测试头要用高速电子定时信号,这样,电子线路必须安置在与被测试装置尽可能近的位置上。因此,该测试头要与电子线路紧密封装以获得对复杂装置的高速测试。

一个能沿支撑结构移动的定位器将测试头携至指定位置上,在那里测试头被定位在与装置机械手相连接和对接的位置上。该测试头附置在该定位器上以使其可取得六度的活动空间。

这里，一个主要问题是将从包括部分自动测试系统的箱体当中延伸出来的重型电缆与该测试头相连接。由于该测试头要移动至指定的位置处进行定位，该重型电缆必须与该测试头一起移动。

用于在测试头和电缆之间提供同步运动的常规结构大体分为两类：电缆枢轴型和滚筒型结构。

在滚筒型结构中，电缆悬荡于测试头之下以便它可与在将测试头重心附置在定位器上的机构的相反侧与该测试头相连接。这一结构免却了电缆枢轴型方法的复杂性和昂贵费用，但是，对于许多不同定向的测试头来说，这一结构使得悬于测试头之下的电缆越过了测试头的那一侧，这样，电缆会常常挡住测试系统操作者的路并且当接口平面与地板相垂直并且大型测试头处于低位时，测试头与地板的距离有一定的限制。此外，滚筒型结构要求有一条很长的电缆，因为对某些定向的测试头而言，它要完全地延伸过测试头的底部。

目前已有各式各样的电缆枢轴型结构。在一种结构中，其测试头依然由定位器支撑其重心。电缆和定位器附置在测试头相对的各端头上。这种结构的一个缺点是它不能从底下接近做得像两只基座办公桌一样的水平平面机械手；该定位器在这种基座设置的地方直竖起来。

第二种枢轴型结构将电缆穿过把测试头附置在定位器上的机构。这种机构允许测试头作枢轴运动。通常，这种机构包括一个通过滚珠轴承与一个外环相隔开并在该外环中旋转的内环。这些机构的一个缺点是价格昂贵：滚珠轴承本身以及将轴承座入环中的精确机械加工成本很高。

本发明的目的和优点

有鉴于此,本发明的一个目的就是提供一种装置测试系统,它可保护把测试头与测试系统相连接的电缆。当该系统用于测试各类探测器和机械手时这些电缆必然有连续不断的弯曲、扭曲以及插入和拔出。因此,这些电缆的疲劳寿命是一个重要的问题。由于制造电缆的材料的疲劳寿命随着应力的增加而减少,并且其施加的应力是与产生弯曲或扭曲的电缆的长度成正比的,因此,本发明的优点是控制要被弯曲或扭曲的那段电缆的长度。

另一目的在于该测试头定位系统操作中的安全与方便性。其它有关的目的是提供一种可适当地在用于可接受操作的电缆枢轴结构中平衡测试头的一种系统。此外,另一目的是提供一种能对接于包括形似基座书桌的探测器和机械手上并且特别是能将大型测试头降低位置接近地板而又不使电缆触地的系统。本发明的优点在于将测试头直接安装在电缆枢轴结构上。最后,本发明的一个目的是提供一种在制造上成本效益好的系统,特别是可免去校准误差的要求。

本发明的技术方案

为达到上述目的和考虑到上述目标,本发明提供了一种具有一个支撑结构和能够沿该支撑结构移动的定位器的装置测试系统。该装置测试系统还包括有一个电缆枢轴壳体,该壳体限定了一个实质上为环形的通道并且在—侧有一连接结构,以便该通道在该侧部分关闭而在相对的那—侧完全打开。在该壳体的通道中以可旋转方式设置有一个单独件的测试头适配环。该测试头适配环安装在该壳体中,其安装方法是通过该环中的一个开

口将凸轮随动件附置在该壳体上。该测试系统还包括一个测试头，它附置在测试头适配环上以使其可作枢轴运动；一个测试箱；通过测试头适配器环并连接于测试箱和测试头之间的一个电缆；以及一个电缆支撑件。

附图的简要说明

应予明确，上述的概括说明以及下面的详细说明只是举例，并非对本发明予以限定。

本发明可从下面的详细说明及相关的附图得到理解，其中：

图 1A 是依本发明制作的装置测试系统的支撑结构的示意图，它显示该系统的六自由度；图 1B 和 1C 分别为沿图 1A 中 1B-1B 以及 1C-1C 线剖开的剖面图。

图 2A 是一根据本发明实施例的测试头适配环支撑结构的分解图，显示了将测试头附置在适配环上的一种方式。

图 2B 是一由显示附置测试头的图 2A 所示本发明实施例的测试头适配环支撑结构的示意图。

图 3A-E 是显示将单独件测试头适配环设置在电缆枢轴壳体上的示意图。

图 4 是一根据本发明另一实施例的测试头适配环支撑结构的示意图, 显示将一测试头附置到适配环上的又一方法。

图 5 是一显示测试头适配环支撑结构、测试头和环之间第三种附置实施例以及根据本发明制作的装置测试系统的示意图, 以及

图 6 是具有偏移支撑臂的测试头适配环支撑结构的示意图。

本发明的最佳实施例

图 1A 是根据本发明制作的电子装置测试系统的示意图。该系统大致与美国专利第 4, 893, 074 号以及 4, 589, 815 号中所述内容相类似。

该系统包括有一支撑结构(未示出), 它含有一垂直方向(图 1 中 Y 方向)的主轴 10 以及定位器 12。定位器 12 可沿着 Y 方向沿主轴 10 作垂直移动并可围绕主轴 10 按 θ y 方向旋转。使用主锁扣 16 锁紧主锁扣领套 14 的方式相对主轴 10 固定定位器 12。定位器 12 包括一个主臂 18、前臂组件 20 以及肘节组件 22。前臂组件 20 在前臂安装块 34 处附置在主臂 18 上, 以便前臂组件 20 能按 Y 方向沿主轴 10 作垂直移动。

前臂组件 20 有一垂直轴 28, 它按 Z 方向从垂直轴线位移, 主轴 10 沿垂直轴线设置。前臂组件 20 按 θ y 方向围绕相对于主臂 18 的轴 28 旋转。锁扣领套 30 由肘锁扣 32 启动将前臂组件 20 固定在轴 28 上。

接下来,肘节组件 22 附置在前臂组件 20 上。肘节组件 22 包括有含有环形部分的肘节壳体 36,垂直肘节杆 38 通过其设置,肘节组件 22 还包括有一个块面。肘节壳体 36 的环形部分及其块面可以以一个单独的铸模形成。垂直肘节杆 38 沿 Z 方向从轴 28 和主轴 10 移位。注意围绕该三条分开的垂直轴 10、28 和 38 的可能的旋转组合使测试头 56(见图 2A)沿 X 和 Z 轴线设置。肘节组件 22 按 θ_y 方向围绕垂直轴 38 旋转—除非被垂直肘节锁扣 40 锁定在某一位置上。

肘节组件 22 还可围绕 Z 轴旋转。如图 1B 所示,肘节组件 22 还有一水平的环形部分,水平肘节杆 44A 通过该环形部分予以设置。水平肘节杆 44A 有一凸缘部分 44B,它与电缆枢轴适配器 46 的环形凸缘端 48 相附接。为防止这种旋转,水平肘节锁扣 42 可用于将肘节组件 22 的水平肘节杆 44A 固定于某一位置。电缆枢轴适配器 46 由一般常用的螺丝、插销、销钉等固定在水平肘节杆 44A 上。

至于接受操作,重要的是将其它各类元件以及电缆和测试头 56(如图 2B 所示,下面将予以详细说明)所造成的悬臂负载在测试头适配环 54 中为进行 θ_z 方向运动而予以均衡。如若不加以均衡,一名操作人员按 θ_z 方向旋转 500 公斤的测试头大约要用 1600 牛顿·米的力矩。对于操作人员来说这样大的力矩是很不安全的。

图 1C 显示了一种均衡方法。一只弹簧组件 106 穿过弹簧壳体 108 附置在肘节壳体 36 上。在壳体 108 之中,两只不同的弹簧用来补偿悬臂负载。在电缆枢轴壳体 52 的负载一侧(在正向的 X 方向),弹簧壳体 108 包

括有一盘形弹簧 181。盘形弹簧 181 由盘簧活塞 183 导引并由盘簧螺丝 110 安装。万向接头销 112A 通过水平肘节杆 44A 将盘形簧和弹簧组件 106 的活塞组件与肘节组件 22 相连接。与电缆枢轴壳体 52 的负载侧相反(在负向的 X 方向), 弹簧壳体 108 包括有弹簧线圈 185。弹簧线圈 185 由弹簧线圈活塞 187 导引并由弹簧线圈螺丝 114 所调整。万向接头销 112B 通过水平肘节杆 44A 将弹簧线圈 185 以及弹簧组件 106 的弹簧线圈活塞 187 与肘节组件 22 相连接。弹簧线圈用于校准, 以补偿盘形弹簧 181 中固有的误差。

电缆枢轴适配器 46 包括凸缘 48 和横梁 50。横梁 50 一端与凸缘 48 相连接(如焊接或整体铸造)。电缆枢轴适配器 46 由常规的螺钉、销钉、销子等等附置于水平肘节杆 44A 上, 这些螺钉或销钉穿过凸缘 48 上的开口与凸缘部分 44B 中的各自对应的开口相接合。横梁 50(通过螺钉、销钉等)的另一端附置于电缆枢轴壳体 52 上, 以此连接凸缘 48 和电缆枢轴壳体 52。电缆枢轴壳体 52 夹持测试头适配环 54, 使该环以下述方式(按 θ x 方向)在壳体 52 内旋转。测试头 56 以若干方式附置在测试头适配环 54, 使测试头适配环 54 将动作传输至测试头 56。下面对一些上述若干方式予以说明。

测试头 56 与被测试系统(未示出)的电子接口元件(连接器、波哥销(Pogopin)、印刷电路板等等)相互作用。为了防止脆弱的电子接口元件在测试头 56 对该系统的对接和移开动作中产生的损害和过度磨损, 测试头在动作过程中的运动必须与电子接口元件的轴向动作精确地一致。相应地, 测试头 56 必须能够在对接和移开动作中精确地和不费力地作笛卡尔座标

的任何和全部六个自由度的运动。如图 1 所示,这六个自由度包括 x 轴(水平方向,从左至右)、y 轴(垂直)和 z 轴(水平,进和出)上的线性运动、以及围绕全部都相对于安装有电子连接元件的接口板平面中心的 θ_x 、 θ_y 和 θ_z 的轴向旋转运动。

本发明以确切的保证在装置测试系统的定位器 12 和测试头适配环 54 的设计中在每一运动轴上维持均衡(如下所述)的方式获得了六度的自由运动度。

通常包括有若干单独电缆(未示出)的一条电缆通过测试头适配环 54 延伸进入测试头 56。由测试头 56 产生的电子信号及能量沿这些电缆输入至一测试箱(未示出)中并从其箱中输出。为承载为些电缆,设置了一个套管式的电缆支承件 58。该件在其每一端都有一自由行程的球形轴承。支承件 58 已在美国专利第 4,893,070 号中作了全面说明。

如图 2A 和 2B 所示,电缆枢轴壳体 52 只是部分地环绕测试头适配环 54。壳体 52 有一带有 2 个孔 62 的边缘 60,两个水平凸轮随动件 64 插入孔 62(按 x 方向)。与水平凸轮随动件 64 相垂直,三个径向凸轮随动件 66 插入电缆枢轴壳体 52 的径向内表面 68 而进入三个孔 63。壳体 52 的壁 70 面对测试头 56 敞开,它不包括类似于与壳体 52 相对一侧的边缘 60 的边缘或凸缘。

电缆枢轴壳体 52 与测试头适配环 54 相接合,保持测试头适配环 54 到位,使测试头适配环 54 可在壳体 52 中旋转并将定位器 12 的定位运动传送

到测试头 56。测试头适配环 54 做成一个单件环,通常为一铝板或管材,它包括导件 82 和沟槽 84。亦可使用钢材。但是钢材通常要比铝重并且价格要贵。

导件 82 形成在与壁 70 相对的那一侧在测试头适配环 54 外侧。水平凸轮随动件 64 在测试头适配环 54 处于壳体 52 内并到位时与导件 82 相接合。相似地,径向槽 84 在测试头适配环 54 的外周缘上形成。槽 84 在测试头适配环 54 处于壳体 52 内并到位时与径向凸轮随动件 66 相接合。

水平凸轮随动件 64 以及径向凸轮随动件 66 是标准硬件,形成包含有针状轴承的整体单元。这种凸轮随动件相对于用于常规的电枢轴结构的大直径的滚珠轴承来说价格低廉,尽管它们用于高负载承载件,如测试头适配环 54 之中。

按照本发明,最好用两只水平凸轮随动件 64 和三只径向凸轮随动件 66。水平凸轮随动件 64 与径向凸轮随动件相垂直安装。此外,两水平凸轮随动件 64 和三只径向凸轮随动件 66 之中的两只沿着一条想象的切割线性地安装,而第三只径向凸轮随动件 66 则设置于两对水平一径向凸轮随动件之间。

这种凸轮随动件结构的优点在于它减少了校准误差的要求。为分担测试头适配环 54 上悬梁负载,凸轮随动件必须排成一行。如果三只水平轮随动件 64 被采用,它们则不仅要严格地与径向凸轮随动件相垂直,而且必须

排成一行以适当地分担负载。由于只采用两只水平凸轮随动件 64, 它们的垂直性就不是那么样地关键了, 而且校准误差也很容易达到。

图 3A-3D 表示了如何将测试头适配环 54 附置于壳体 52。首先, 如图 3A 所示, 在凸轮随动件 64 插入孔 62 中之后, 它们与导件 82 相接合。开口 125 此时用于安装凸轮随动件 66。如图 3B 所示, 测试头适配环旋转以便开口 125 可与孔 163 相对合。凸轮随动件 66 通过开口 125 插入孔 163 其中之一。接下来, 测试头适配环 54 转动, 如图 3C 和 3D 所示, 孔 125 与另外的孔 63 对合。余下的凸轮随动件 66 然后插入余下的孔 63。以此方式, 将测试头适配环 54 附置在壳体 52 上。

测试头 56 可以用各种方法安装于测试头适配环 54 之上。附图中显示了三种将测试头 56 附置于测试头适配环 54 上的实施例。再看图 2A 和 2B, 测试头安装架 86 可安装于测试头适配环 54 的内表面 88 上或者安装于测试头适配环 54 的内表面 88 和表面 104 上(或者安装于图 4 所示下面予以详述的表面 104 上)。径向螺钉、销钉或其它类似销钉 90 通过通道 92 与测试头安装架 86 相配合, 可用于将架 86 定位。杆件 94 其固定于测试头 56, 附置于测试头安装架 86(也可做成整体)。杆件 94 另一端穿过测试头安装架 86 并附置在电缆支撑件 58 上。

图 4 表示将测试头 56 附置于测试头适配环 54 的另一实例。在该实施例中, 支撑测试头 56 的篮架、装具、或支架 96 直接附置于测试头适配环 54 的表面 104 上而不必使用附加结构(如测试头安装架 86 以及杆件 94)。这些元件都可用一般常用的螺钉、插销、或销钉 98 等固定。

图 5 表示了测试头 56 附置于测试头适配环 54 的第三个实施例。凸台 102 形成于测试头 56 之上,可用一般方法直接固定于测试头适配环 54 上。

测试头适配环 54 的外径按需要小于测试头 56 的厚度以便测试头适配环 54 低于在测试头 56 顶部定位的对接板的表面。这样可防止对对接大型机械手的干扰。

给定对测试头适配环 54 的外径的限制的情况下,测试头适配环 54 的内径随表面 104 的厚度增加而减小;但是该内径必须足以使较粗的电缆通过以到达测试头 56。由于提供一种敞开的电缆枢轴壳体 52,本发明可结合一个较薄的表面 104,而获得下面的安装优点。

在任何情况下,测试头 56 的负载重心(及其相连的电缆)都应通过测试头适配环 54 中心以便测试头在其围绕 θ x 轴旋转时保持均衡。测试头负载重心(Cg)在电缆并非对称于 Cg 与测试头 56 相连接时也不必做对称校准(即:在某种设计中,电缆可连接于测试头 56 的一边)。这种误差会加重均衡难度。

图 1A 所示本发明的实施例采用弹簧组件来均衡测试头(及其附加电缆)的负载。这种负载也可不用弹簧组件而如图 6 所示,将测试头适配环 54 置于一种补偿位置而得到均衡。为保证负载重心沿 X 方向穿过测试头适配环 54 的中心并沿 Z 方向通过凸缘 48 的中心,悬梁 50 形成一种 Z 型构造。

通常，作为本发明电缆枢轴的一部分的是常规的电缆枢轴锁扣 189。这种锁扣一般安置在电缆枢轴壳体 52 上并能接合测试头适配环 54 并将其锁位。

尽管本发明在此作出显示和说明的装置测试系统包括支撑结构、定位器、基本为圆形的通道并完全对一侧敞开的电缆枢轴壳体、单件的测试头适配器环、测试头、测试箱、电缆、以及电缆支撑件，然而它并不仅限于所示的细节说明。任何不脱离本发明精神的各类修改或改进亦为权利要求所保护。

说明书附图

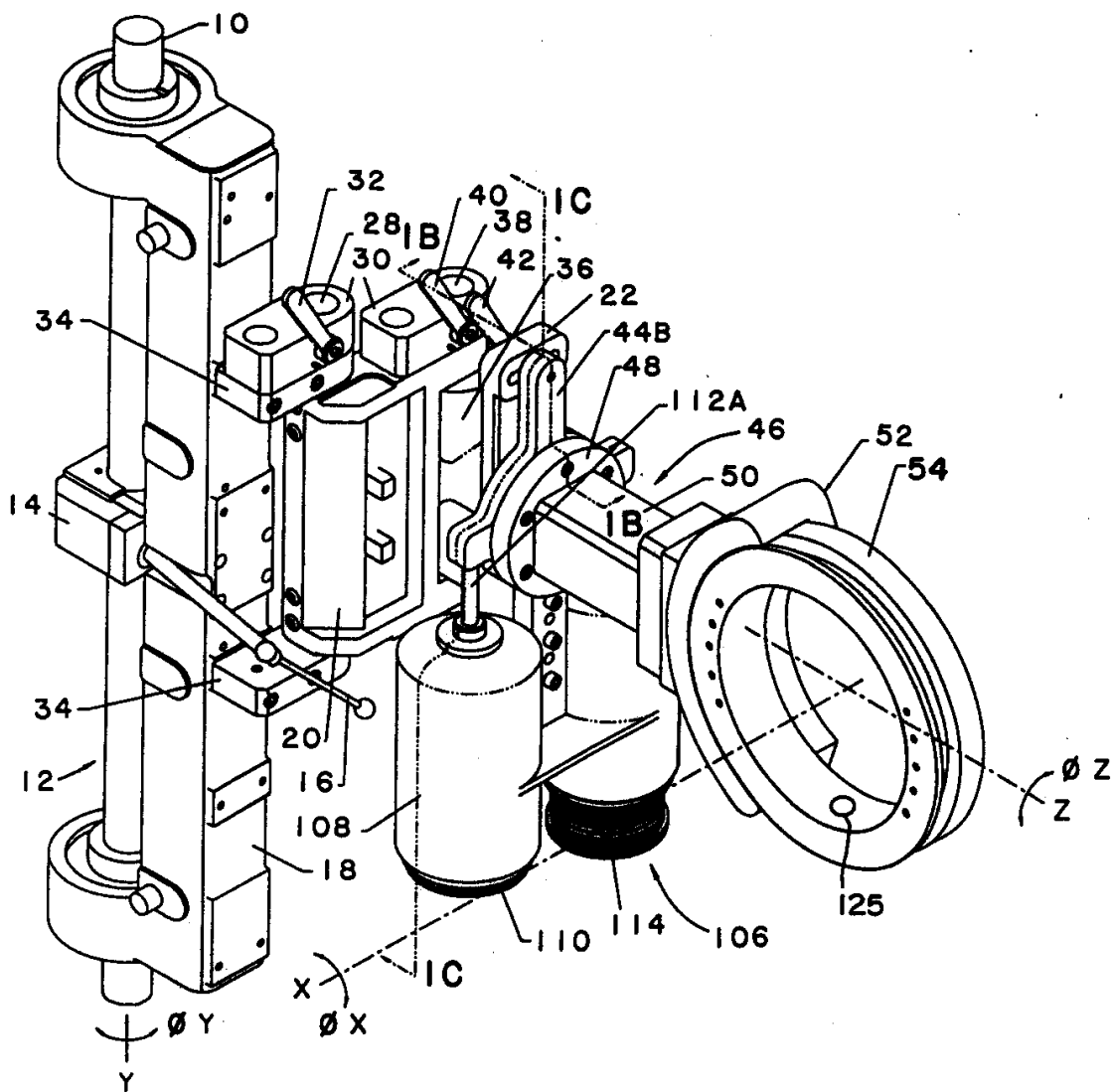


图 1A

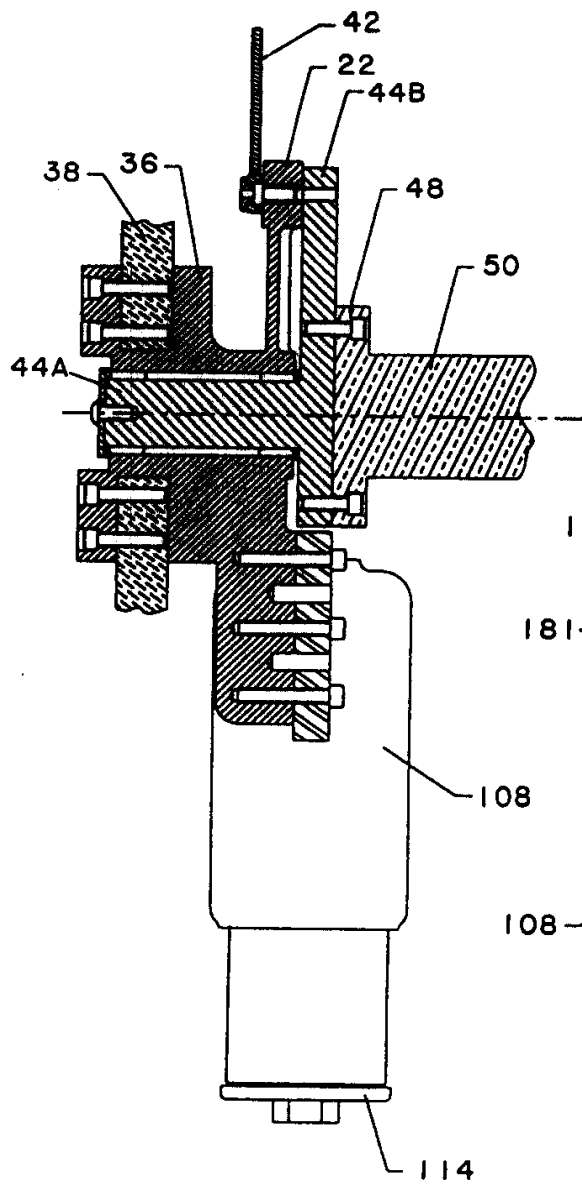


图 1B

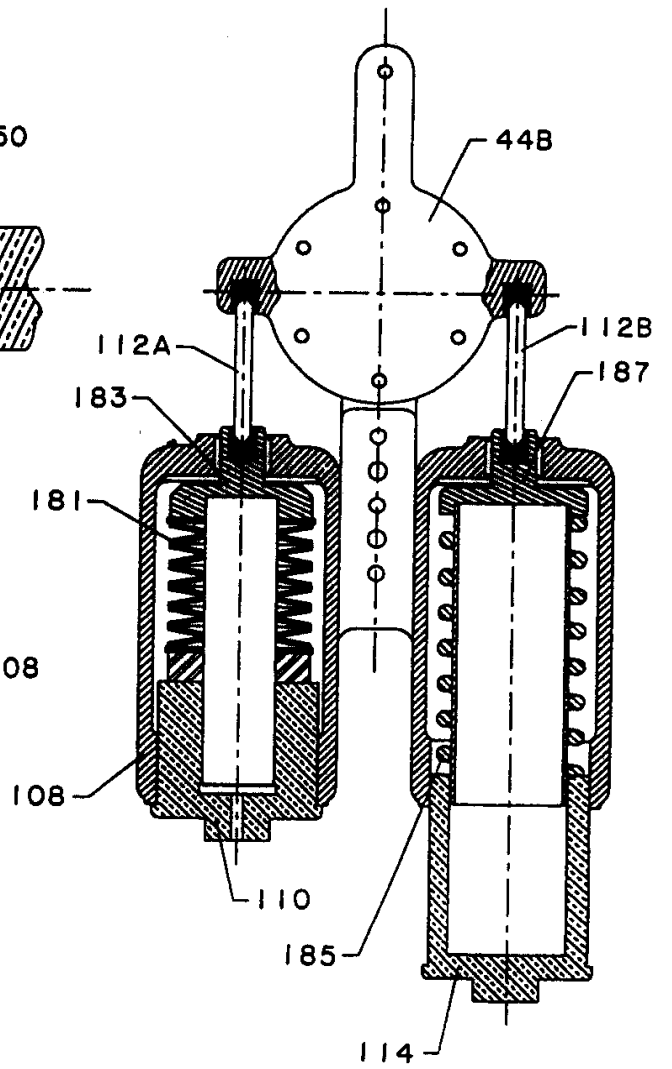


图 1C

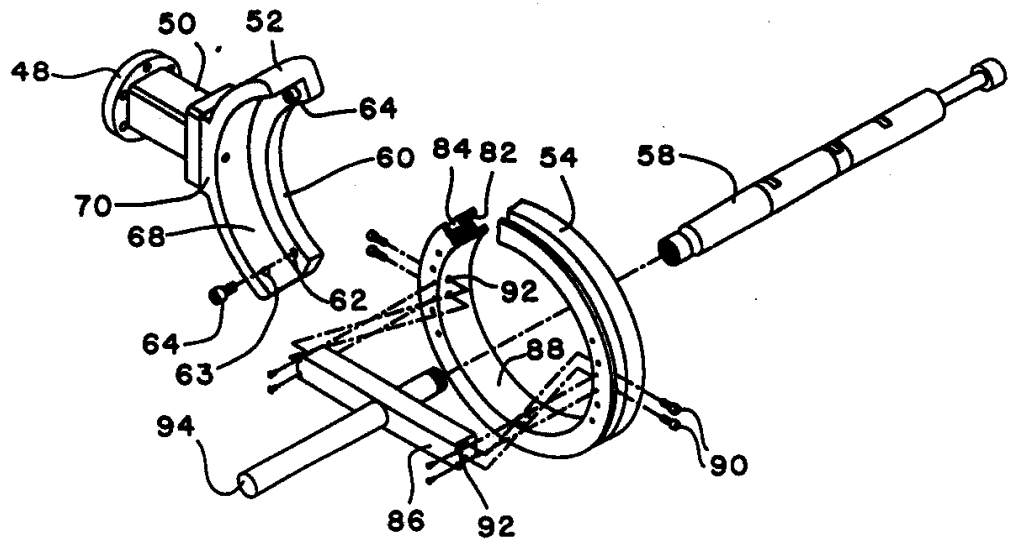


图 2A

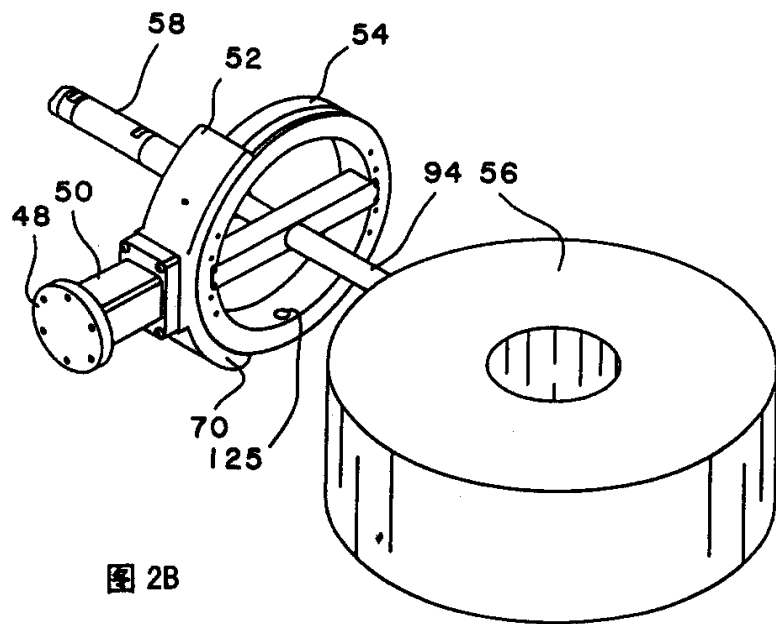


图 2B

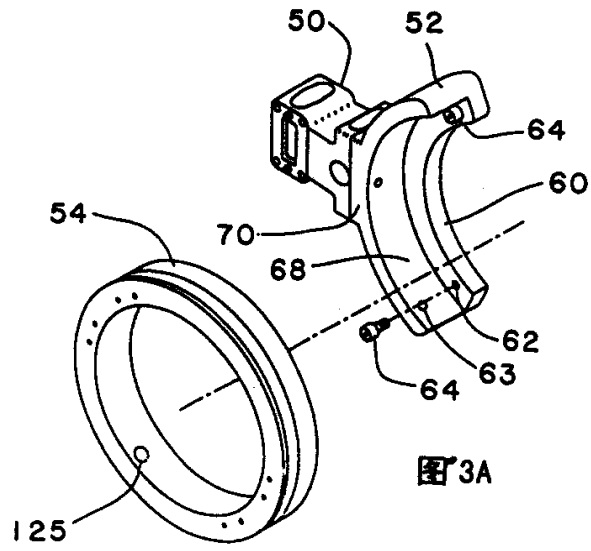


图 3A

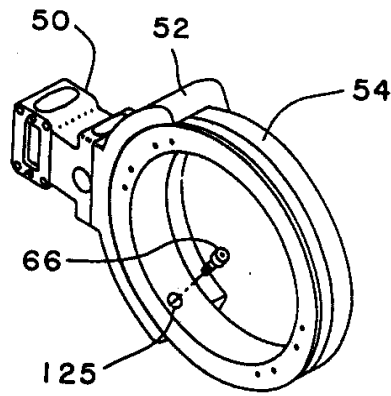


图 3B

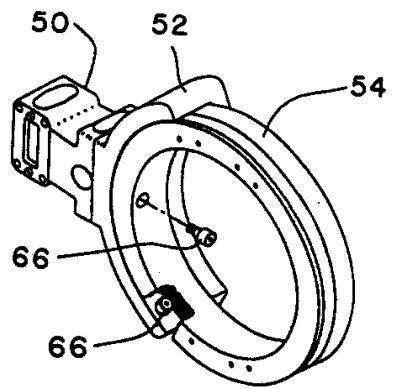


图 3C

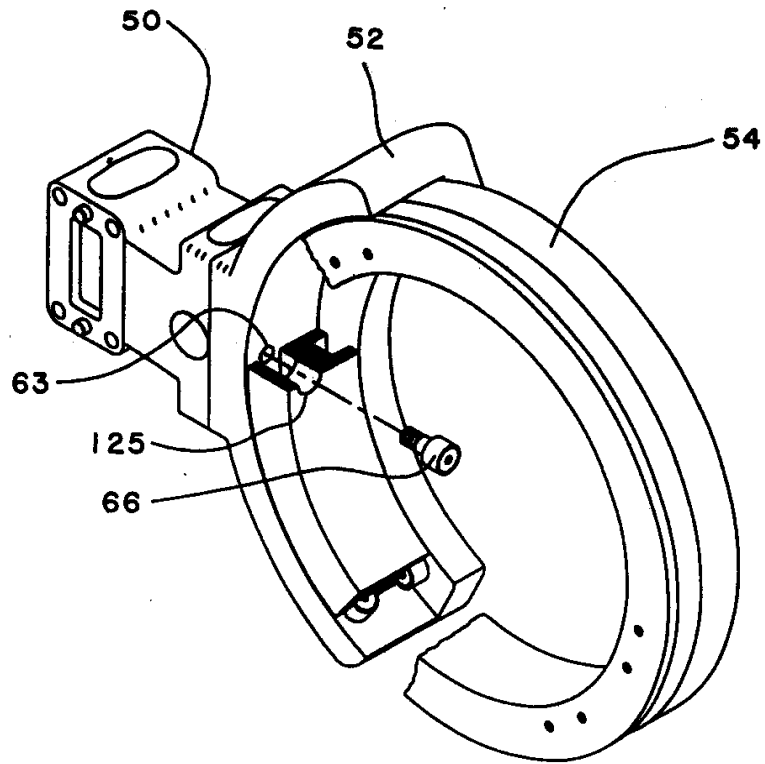


图 3D

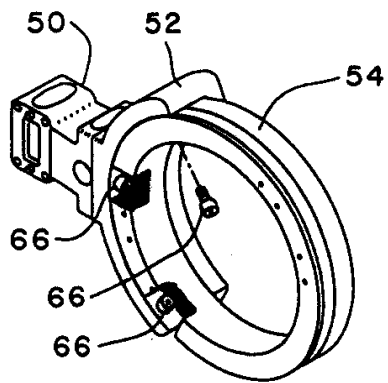


图 3E

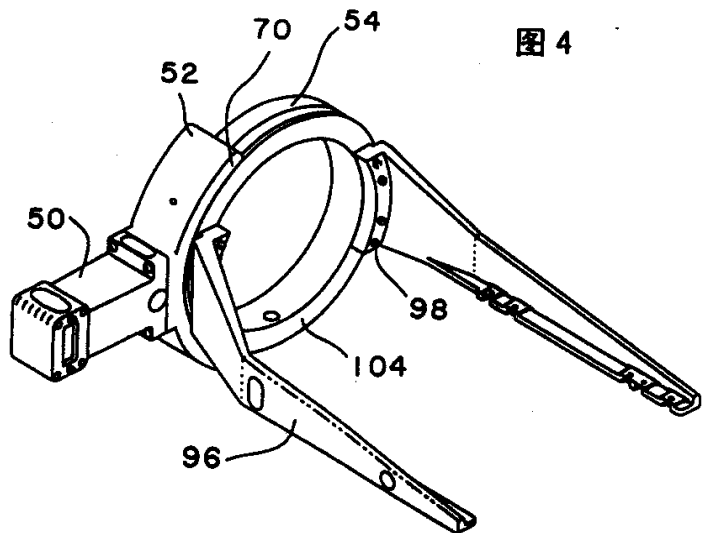


图 4

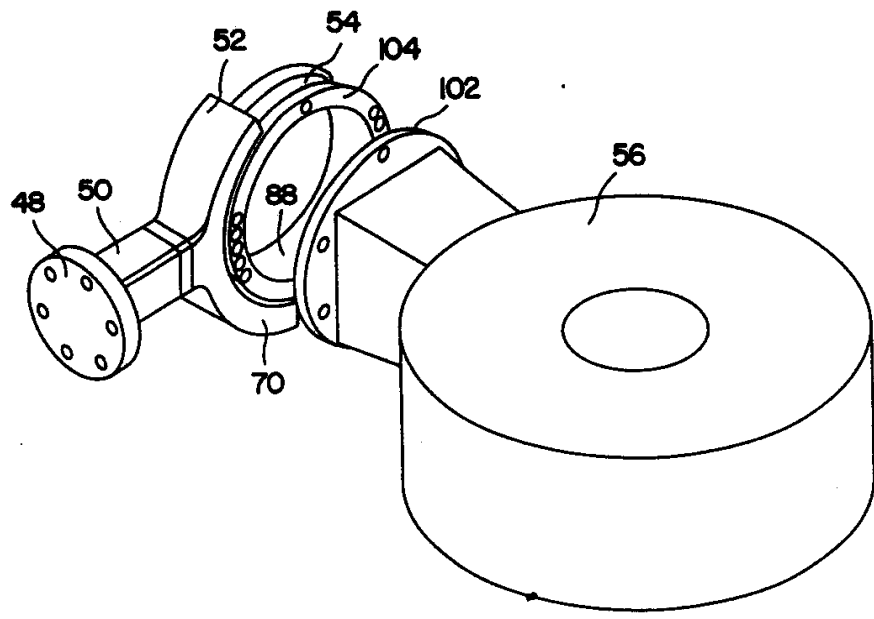


图 5

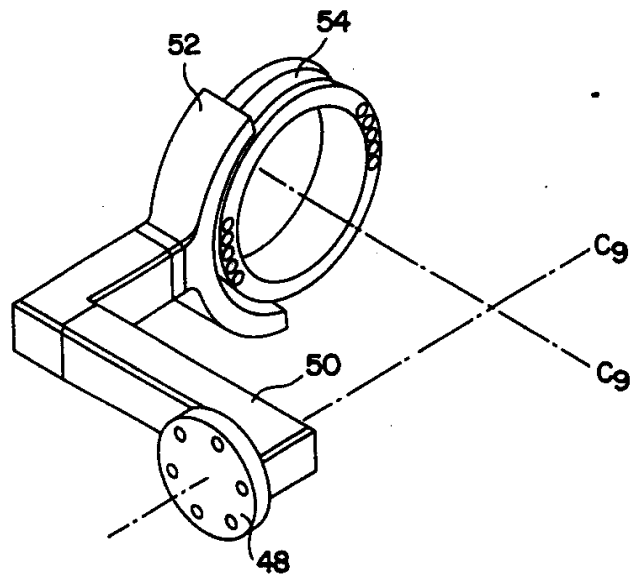


图 6