

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
B25J 9/08 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910049397.2

[43] 公开日 2009年9月16日

[11] 公开号 CN 101531002A

[22] 申请日 2009.4.16

[21] 申请号 200910049397.2

[71] 申请人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路800号

[72] 发明人 高峰 岳义 赵现朝 冯金  
陈杰

[74] 专利代理机构 上海交达专利事务所  
代理人 王锡麟 王桂忠

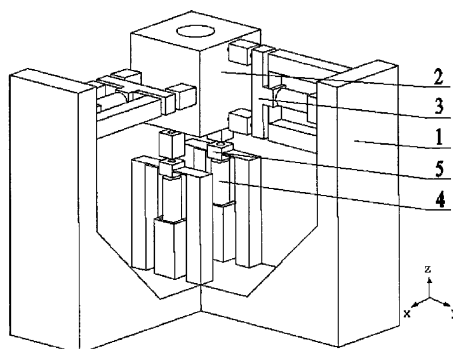
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

## [54] 发明名称

四维正交结构微纳操作台

## [57] 摘要

本发明涉及一种机器人技术领域的四维正交结构微纳操作台，包括基座、工作台、两个P-4S支链、压电陶瓷驱动器和两个PSS支链。基座与工作台由两个P-4S支链和两个P-SS支链相连，在每个支链相对应基座上各设一弹性平行板移动副，每个弹性平行板移动副各设一压电陶瓷驱动器，在单压电陶瓷驱动器驱动的X和Y方向上，基座与工作台分别由一个P-4S柔性支链连接，在双压电陶瓷驱动器驱动的Z方向上，基座与工作台由两个PSS支链连接，两个PSS支链相互平行且分别沿与两个P-4S支链相垂直方向布置，初始位置各组支链的对称轴线相互垂直。本发明结构简单、位移解耦、承载能力大，可实现无摩擦、无间隙和高分辨率的4自由度微动。



1、一种四维正交结构微纳操作台，其特征在于包括基座、工作台、两个 P-4S 支链、压电陶瓷驱动器和两个 PSS 支链，基座与工作台之间由两个由柔性铰链构成的 P-4S 支链和两个 P-SS 支链相连，在每个支链相对应基座上各设有一个弹性平行板移动副，每个弹性平行板移动副各设置一个压电陶瓷驱动器，在单压电陶瓷驱动器驱动的 X 和 Y 方向上，基座与工作台之间分别由一个 P-4S 柔性支链连接，在双压电陶瓷驱动器驱动的 Z 方向上，基座与工作台之间由两个 PSS 支链连接，两个 PSS 支链相互平行且分别沿与两个 P-4S 支链相垂直的方向布置，初始位置各组支链的对称轴线相互垂直。

2、根据权利要求 1 所述的四维正交结构微纳操作台，其特征是，所述的 P-4S 支链，每一个 P-4S 支链包括：第一弹性平行板移动副、第一连杆、第一球铰、第二球铰、第三球铰及第四球铰、第一连杆、第二连杆、第四连杆和第五连杆，其中第一球铰、第二球铰、第三球铰及第四球铰和第一连杆、第二连杆、第三连杆和工作台组成 4S 机构，每一个弹性 4S 机构通过第二球铰及第三球铰和工作台相连，并通过第一球铰及第四球铰与第一连杆相联，弹性 4S 机构和第一弹性平行板移动副通过第一连杆相连，第一弹性平行板移动副通过第四连杆和第五连杆与基座相连。

3、根据权利要求 1 所述的四维正交结构微纳操作台，其特征是，所述每一个 PSS 支链包括：第二弹性平行板移动副、第五球铰、第六球铰、第六连杆、第七连杆和第八连杆，其中第五球铰和第六球铰之间通过第六连杆相连，第六球铰直接与第二弹性平行板移动副相连，整个 PSS 支链通过第五球铰和工作台相连，并通过第七连杆和第八连杆与基座相连。

---

## 四维正交结构微纳操作台

### 技术领域

本发明涉及的是一种机器人技术领域的装置，具体地说，涉及的是一种四维正交结构微纳操作台。

### 背景技术

并联微操作机器人具有亚微米至纳米级的定位精度，在精密加工、电子封装、光纤对接、生物与遗传工程、材料科学和航空航天等领域中均具有广阔的应用前景，并且更是国内外学者关注的课题。自从在 1962 年，Ellis 首先提出了采用压电陶瓷驱动的微操作机器人后，微动机器人的研究引起了国内外学者的重视。1989 年 Hara 和 Sugimoto 提出并研究了一种用柔性铰链代替传统铰链的微动机器人；斯陶顿 (Stoughton) 设计了一种由两个并联机构组成的微动机器人，每个并联机构有六个压电式元件组成；荷兰的 Kallio 研制出了由液压驱动系统驱动的 3-DOF 并联微动机器人；瑞士的 Pernette 等设计了一种并联 6-DOF 微动机器人，用于在继承光纤底片上定位单模光纤。在国内高峰等研制出了一种采用压电陶瓷驱动器的 6-DOF 全柔性并联微操作机器人，其特点是采用了 PSS 支链构成的 2-2-2 正交结构。刘平安等研究了一种两平移一转动结构的三自由度并联微动机器人。这些微动机器人存在的主要问题是：有的结构复杂，有的标定困难，有的位移解耦难。

经对现有技术的文献检索发现，杨启志等在《农业机械学报》2006 年 10 月第 37 卷第 10 期第 112 页上发表的“非对称三平移并联机构的运动条件设计”，该文中提出依据螺旋理论设计一种新型非对称的三平移并联机构，其不足在于结构不对称，不能实现各向同性，标定困难。并且目前微动机器人的研究还主要集中在三自由度微动机器人和六自由度微动机器人，对具有四自由度和五自由度的微动机器人的研究还很少。

### 发明内容

本发明的目的在于针对现有技术的不足，提供一种四维正交结构微纳操作台，此操作台具有四自由度，并具有结构解耦，刚度高，承载能力强，无滞后现象等优点，真正实现了机构的一体化设计和制作。

本发明是通过以下技术方案实现的，本发明包括基座、工作台、两个 P-4S（1 个移动副和 4 个球副）支链、压电陶瓷驱动器和两个 PSS（1 个移动副和 2 个球副）支链。基座与工作台之间由两个由柔性铰链构成的 P-4S 支链和两个 P-SS 支链相连，在每个支链相对应基座上各设置一个弹性平行板移动副并通过弹性球铰与工作台相连接。每个弹性平行板移动副配置一个压电陶瓷驱动器，且其轴线分别与  $x, y, z$  三个坐标轴相平行，分别代表直线方向、水平线方向和垂直线方向。在单压电陶瓷驱动器驱动的 X 和 Y 方向上，基座与工作台之间分别由一个 P-4S 柔性支链连接，在双压电陶瓷驱动器驱动的 Z 方向上，基座与工作台之间由两个 PSS 支链连接，两个 PSS 支链相互平行且分别沿与两个 P-4S 支链相垂直的方向布置。初始位置各组支链的对称轴线相互垂直。通过两个 P-4S 支链和两个 PSS 支链对工作台进行驱动，以实现沿 X、Y、Z 三维方向的移动及沿 Y 轴的绕动。

所述每一个 P-4S 支链包括：第一弹性平行板移动副、第一连杆、第一球铰、第二球铰、第三球铰及第四球铰、第二连杆、第三连杆、第四连杆和第五连杆。第一球铰、第二球铰、第三球铰及第四球铰和第一连杆、第二连杆、第三连杆和工作台组成 4S 机构。每一个弹性 4S 机构通过第二球铰及第三球铰和工作台相连，并通过第一球铰及第四球铰与第一连杆相联。弹性 4S 机构和第一弹性平行板移动副通过第一连杆相连，第一弹性平行板移动副通过第四连杆和第五连杆相连与基座相连。

所述每一个 PSS 支链包括：第二弹性平行板移动副、第五球铰、第六球铰、第六连杆、第七连杆和第八连杆。第五球铰和第六球铰之间通过第六连杆相连，第六球铰直接与第二弹性平行板移动副相连。整个 PSS 支链通过第五球铰和工作台相连，并通过第七连杆和第八连杆与基座相连。

本发明整个机构本体由一块材料整体切割而成，配置四个压电陶瓷驱动器通过 P-4S 支链和 PSS 支链对工作台进行驱动，以实现三维移动及一维绕动。本发明

可以实现无摩擦、无间隙、无润滑和无滞后现象的三维移动和一维转动，可广泛应用于光纤对接、纳米压印、生命与遗传工程和微装配等领域。

#### 附图说明

图 1 为四维正交结构微纳操作台示意图；

图 2 为 P-4S 支链的结构简图；

图 3 为 PSS 支链的结构简图；

图中：1 为基座，2 为工作台，3 为 P-4S 支链，4 为压电陶瓷驱动器，5 为 PSS 支链，6 为第一连杆，7 为第一球铰，8 为第二连杆，9 为第二球铰，10 为第七连杆，11 为第三球铰，12 为第三连杆，13 为第四球铰，14 为第四连杆，15 为第五连杆，16 为第一弹性平行板移动副，17 为第八连杆，18 为第五球铰，19 为第六连杆，20 为第六球铰，21 为第二弹性平行板移动副。

#### 具体实施方式

下面结合附图对本发明的实施例作详细说明：本实施例在以本发明技术方案为前提下进行实施，给出了详细的实施方式和过程，但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

如图 1 所示，是本发明的一个实施例，这种四维正交结构微纳操作台可以实现三维移动和一维转动，其本体是一次加工成型的非组装件，包括基座 1、工作台 2、两个 P-4S 支链 3、压电陶瓷驱动器 4 和两个 PSS 支链 5。基座 1 与工作台 2 之间由两个由柔性铰链构成的 P-4S 支链 3 和两个 P-SS 支链 5 相连，在每个支链相对应基座上直接加工出一个弹性平行板移动副并通过整体加工出的弹性球铰与工作台 2 相连接。每个弹性平行板移动副配置一个压电陶瓷驱动器 4，压电陶瓷驱动器 4 的驱动方向始终与坐标系轴线方向相平行。在分别由一个压电陶瓷驱动器 4 驱动的 X 和 Y 方向上，基座 1 与工作台 2 之间分别由一个 P-4S 柔性支链连接，在由两个压电陶瓷驱动器 4 驱动的 Z 方向上，基座 1 与工作台 2 之间由两个 PSS 支链 5 连接。在初始位置，两个 PSS 支链 5 的轴线方向与正交结构微纳操作台的 Z 轴平行，两个 P-4S 支链 3 的轴线方向分别与正交结构微纳操作台的 X 和 Y 轴平行，各组支链轴线方向相互垂直布置。初始位置各组支链的对称轴线相互垂直。

如图 2 所示, 为 P-4S 支链 3 的局部结构图。每一个 P-4S 支链 3 由以下几部分组成: 第一弹性平行板移动副 16、第一连杆 6、第一球铰 7、第二球铰 9、第三球铰 11 及第四球铰 13 和第二连杆 8、第三连杆 12、第四连杆 14 和第五连杆 15。第一球铰 7、第二球铰 9、第三球铰 11 及第四球铰 13 和第一连杆 6、第二连杆 8、第三连杆 12 和工作台 2 组成 4S 机构, 每一个弹性 4S 机构通过第二球铰 9 及第三球铰 11 和工作台 2 相连, 通过第一球铰 7 及第四球铰 13 与第一连杆 6 相联。弹性 4S 机构和第一弹性平行板移动副 16 通过第一连杆 6 相连, 第一弹性平行板移动副 16 通过第四连杆 14 和第五连杆 15 与基座 1 相连。

如图 3 所示, 为 PSS 支链 5 的局部结构图。每一个 PSS 支链 5 有以下几部分组成: 第二弹性平行板移动副 21、第五球铰 18、第六球铰 20、第六连杆 19、第七连杆 10 和第八连杆 17, 第五球铰 18 和第六球铰 20 之间通过第六连杆 19 相连, 第六球铰 20 直接与第二弹性平行板移动副 21 相连。整个 PSS 支链 5 通过第五球铰 18 和工作台 2 相连, 通过第七连杆 10 和第八连杆 17 与基座 1 相连。

本实施例中, 加电使每个压电陶瓷驱动器都处于半行程状态以确定初始零点, 需要进行正负方向的移动时只需增加或降低相应方向上压电陶瓷驱动器的电压即可。进行标定时可先用几何方法算出各方向上的理论行程, 然后通过 ANSYS 有限元分析及实际测量进行补偿。当相互平行的两个 PSS 支链在沿轴线 Z 方向的位移相同时, 则此微动机构可以沿 Z 方向的移动, 而当相互平行的两个 PSS 支链在沿轴线 Z 方向的位移不同时, 则可能同时产生绕 Y 轴的转动和沿 Z 轴的移动或者绕 Y 轴的纯转动。由于两个相互垂直的 P-4S 支链分别缺少一个绕其 4S 机构所在平面法线的旋转自由度, 所以此微纳操作台只能实现沿 X、Y、Z 三个方向的移动及沿 Y 轴的转动。这种微纳操作台实现了机构的一体化设计和制造, 并且具有结构简单、位移解耦、无间隙、不需润滑和承载能力大等优点。

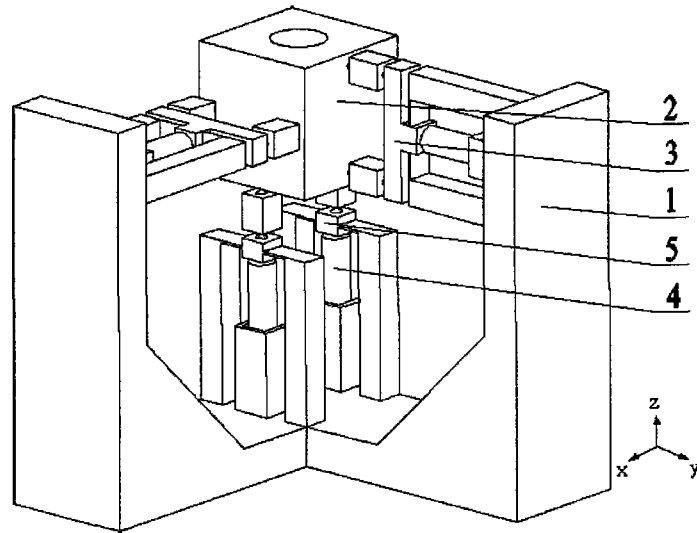


图 1

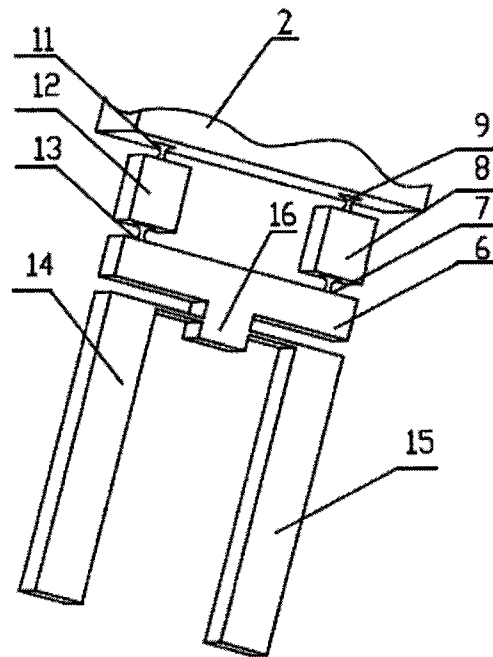


图 2

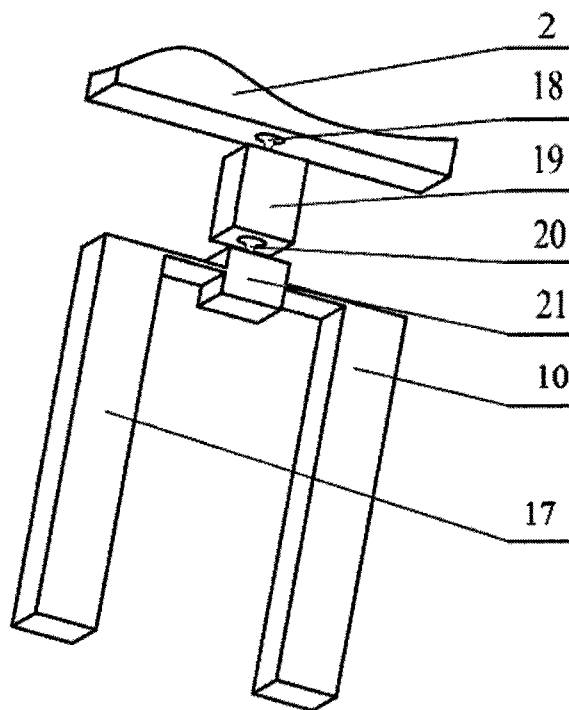


图 3