



# [12] 实用新型专利说明书

[21] ZL 专利号 02275054.1

[45] 授权公告日 2004 年 9 月 29 日

[11] 授权公告号 CN 2645340Y

[22] 申请日 2002.8.30 [21] 申请号 02275054.1  
 [73] 专利权人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所  
 地址 130022 吉林省长春市人民大街 140 号  
 [72] 设计人 宋文荣 何惠阳 于国飞 王延凤  
 查明

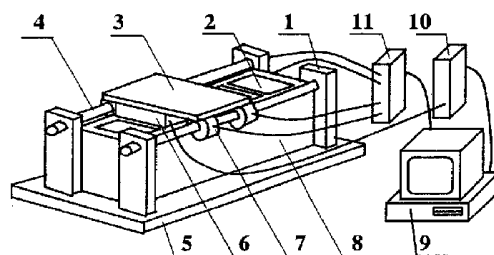
[74] 专利代理机构 长春科宇专利代理有限责任公司  
 代理人 梁爱荣

权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

[54] 实用新型名称 磁悬浮轴承式超精密微进给机构

### [57] 摘要

本实用新型涉及一种磁悬浮轴承式超精密微进给机构。包括轴杆支撑 1、直线电机初级 2、微进给平台 3、轴杆 4、机构底座 5、直线电机次级 6、磁悬浮轴承 7、初级底座 8、计算机 9、电机功率放大器 10、磁悬浮轴承功率放大器 11，采用磁悬浮和直线电机实现零传动，减少了中间传动环节简化结构，无摩擦磨损，对产品制作无环境污染，能长期保持机构精度、进给精度和延长使用寿命；减小了运动惯量节省动力，提高工作效率，缩短机构响应时间，提高响应频率；广泛应用于微电子、IT 等产品制造领域的专用设备上，还将应用于航空航天、军工、医药、仪器仪表、生命科学以及基因工程等等众多高科技领域的科研、实验和产品生产加工等设备上，具有广阔的市场前景。



1、磁悬浮轴承式超精密微进给机构，包括微进给平台(3)、机构底座(5)、初级底座(8)，其特征在于还包括：轴杆支撑(1)、直线电机初级(2)、轴杆(4)、直线电机次级(6)、磁悬浮轴承(7)、计算机(9)、电机功率放大器(10)、磁悬浮轴承功率放大器(11)，轴杆支撑(1)固定联接在机构底座(5)上，轴杆(4)固定在轴杆支撑(1)上，磁悬浮轴承(7)套在轴杆(4)上，微进给平台(3)与四个磁悬浮轴承(7)固定联接，直线电机次级(6)固定安装在微进给平台(3)的正下方，直线电机初级(2)安装在初级底座(8)中，并且直线电机次级(6)与直线电机初级(2)保持 0.3~0.5mm 的间隙，四只磁悬浮轴承(7)的控制信号线均连接到磁悬浮轴承功率放大器(11)的输入端，直线电机次极(6)的控制信号线与电机功率放大器(10)的输入端连接，电机功率放大器(10)和磁悬浮轴承功率放大器(11)分别与计算机(9)的信号输入端相连。

## 磁悬浮轴承式超精密微进给机构

**技术领域：**本实用新型涉及精密、超精密加工制造设备，尤其涉及一种能满足微电子、IT 等行业高新科技产品的精密加工要求和超洁净制造环境要求的超精密微进给机构。

**背景技术：**在微电子、IT 等行业产品的制造领域，各种精密、超精密加工制造设备上使用的进给机构一般都采用旋转伺服电机驱动、精密滚珠丝杠传动和滑动导轨支撑的传统方案，旋转电机通过丝杠带动导轨平台做进给运动。由于从电机到导轨平台（即工作台）之间需要联轴节、丝杠、螺母、轴承等诸多中间环节，不仅加大了进给机构的惯性质量，影响了机构响应频率，降低了机构的进给速度和加速度；而且在机构要完成启动、加（减）速、反转和停车等动作时，中间环节产生的弹性变形、摩擦、联结间隙以及反向间隙等，会造成进给运动的滞后和非线性误差。所以传统方案进给精度较低，加工工时较长，不利于提高设备的生产率。20 世纪 90 年代以来，出现了用直线电机直接驱动取代旋转电机加丝杠传动的方式，驱动导轨平台做进给运动。直线电机的应用取消了源动力和工作台之间的所有中间传动联结环节，实现了机构的零传动，克服了传统进给方案存在的主要缺点，可提高机构的进给精度。但由于滑动导轨副之间仍然存在摩擦，摩擦会引起导轨副的磨损，从而逐渐降低进给机构的精度。而且，摩擦会产生金属粉尘，这极有害于电子产品如半导体元器件的性能和质量。因此，许多微电子、IT 产品要求在超洁净环境下完成加工制作，加工区域对金属粉尘及其它微细颗粒的含量有着极为严格的标准。所以，因为存在摩擦，以上两种类型的进给机构都不能直接满足超洁净制作环境要求。况且，摩擦阻尼的存在会降低机构的响应频率，影响机构的进给精度。

**发明的内容：**本实用新型的目的是解决背景技术中导轨副间的摩擦的问题，进给机构精度降低的问题，本实用新型将使进给机构无金属粉尘和油脂污染，有效地提高机构的微进给精度，使机构满足超洁净制作环

境的要求及超精密加工精度的要求，为此本实用新型将提供一种磁悬浮轴承式超精密微进给机构。

本实用新型如图 1 所示，由机械系统和控制系统两部分组成。机械系统包括：轴杆支撑 1、直线电机初级 2、微进给平台 3、轴杆 4、机构底座 5、直线电机次级 6、磁悬浮轴承 7、初级底座 8，控制系统包括：计算机 9、电机功率放大器 10、磁悬浮轴承功率放大器 11。轴杆支撑 1 固定联接在机构底座 5 上，轴杆 4 固定在轴杆支撑 1 上，磁悬浮轴承 7 套在轴杆 4 上，微进给平台 3 与四个磁悬浮轴承 7 固定联接，直线电机次级 6 固定安装在微进给平台 3 的正下方，直线电机初级 2 安装在初级底座 8 中，并且直线电机次级 6 与直线电机初级 2 保持 0.3~0.5mm 的间隙，初级底座 8 与机构底座 5 固定联接，四只磁悬浮轴承 7 的控制信号线均连接到磁悬浮轴承功率放大器 11 的输入端，直线电机次极 6 的控制信号线与电机功率放大器 10 的输入端连接，电机功率放大器 10 和磁悬浮轴承功率放大器 11 分别与计算机 9 的信号输入端相连。

本实用新型工作时，控制系统控制磁悬浮轴承稳定地悬浮在轴杆上，微进给平台随着磁悬浮轴承的悬浮而悬浮，当控制系统给直线电机输出位移数字信号时，直线电机次级将要移动给定的数字位移量。从而驱动微进给平台沿轴杆无摩擦地实现精密、超精密直线微进给运动。

**本实用新型的积极效果：**由于本实用新型采用了当代先进的高新技术——磁悬浮技术，并结合了直线电机能够实现零传动的特点，所以，该新型微进给机构具有以下优点：

- (1) 工作台与导轨之间没有摩擦，省去了油脂润滑，消除了机构对产品制作环境污染；
- (2) 工作台运动时没有摩擦阻尼作用，很小的作用力就可以驱动工作台做进给运动，大大节省动力；
- (3) 因没有摩擦，所以，运动件不会有磨损，可以长期有效地保持机构的精度，延长机构的使用寿命；
- (4) 没有摩擦阻尼，有利于提高机构的进给精度，缩短了机构的响应时间，提高了机构的响应频率；

(5) 直线电机的应用省略了中间所有传动连接环节, 简化了机构结构, 大大减轻了机构质量, 相应地减小了机构的运动惯量, 可较大幅度地提高机构进给精度和工作效率;

由于结构简单紧凑、具有洁净、高效的特点, 且能实现超精密的进给精度, 本实用新型进给机构不仅将广泛应用于微电子、IT 等产品制造领域的专用设备上, 还将应用于航空航天、军工、医药、仪器仪表、生命科学以及基因工程等等众多高科技领域的科研、实验和产品生产加工等设备上, 具有广阔的市场前景。本实用新型的机构安装在微电子光刻设备上, 可以大幅度地提高光刻设备的性能如定位精度和加工精度等。

#### 附图说明:

图 1 是本实用新型的结构示意图。

图 2 是本实用新型所用轴承的磁悬浮系统原理示意图。

具体实施方式如图 1 包括: 轴杆支撑 1、直线电机初级 2、微进给平台 3、轴杆 4、机构底座 5、直线电机次级 6、磁悬浮轴承 7、初级底座 8、计算机 9、电机功率放大器 10、磁悬浮轴承功率放大器 11。

轴杆支撑 1 共采用四块, 高度可选择 200mm、厚度可选择 15mm、宽度可选择 50mm, 轴杆支撑 1 本体上的安装轴孔直径采用  $\Phi 20^{+ \Delta}$ mm, 轴孔的中心线距离机构底座 5 上平面 170mm, 由不锈钢板加工制作; 根据需要轴杆 4 的长度确定直线电机初级 2 线圈的数量, 直线电机初级 2 可采用五组线圈组成, 每组线圈外形尺寸为 120x80mm, 相互间隔可采用 8mm, 并要求五组线圈的上平面在同一水平面内, 误差不大于 0.1mm; 微进给平台 3 外形尺寸可选择长度可选择 200mm、宽度可选择 100mm、厚度可选择 10mm, 由铝合金板加工而成, 可减轻平台的重量; 轴杆 4 有两根, 两轴轴线距离为 150mm, 轴杆 4 的直径为  $\Phi 20^{+ \Delta}$ mm, 长度为 500mm, 采用铁磁性材料, 进行抛光加工, 圆柱度要求达到  $0.3 \mu\text{m}/25\text{mm}$ , 并对轴杆 4 外表面进行均质处理, 使得表面金属性能为各向同性; 机构底座 5 由大理石抛光加工而成, 其长度可选择 500mm、宽度可选择 230mm、厚度可选择 50mm; 直线电机次级 6 采用轻质铝合金制作, 长度可选择 90mm、宽度可选择 80mm、厚度可选择 52mm; 磁悬浮轴承 7

共四只，尺寸一样，外径为 $\Phi 50\text{mm}$ ，轴向宽度为 $20\text{mm}$ ，其主磁极内表面要抛光研磨加工，圆柱度要求达到 $0.3\ \mu\text{m}/25\text{mm}$ ；初级底座 8 采用铝合金材料，长度可选择 $440\text{mm}$ 、宽度可选择 $140\text{mm}$ 、高度可选择 $142.7\text{mm}$ 。计算机 9 采用 **EVOC 810** 工业计算机，内有多个插槽；电机功率放大器 10 和磁悬浮轴承功率放大器 11 均选用美国 **Parker** 公司的 **6K Gemini GV** 型号功率放大器。控制程序和运行软件自行编写。

如图 2 所示：磁悬浮轴承 7 由外壳（定子）12、主磁极 13、轴（转子）14、电磁绕组 15 以及控制系统组成，控制系统包括：反相器 16、功率放大器 17、控制器 18 和气隙传感器 19。

下面以三个主磁极的磁悬浮轴承为例来阐明其磁悬浮及控制原理。三个电磁绕组 15 分别通以不同大小的电流，产生大小不等、相互夹角成 $120^\circ$ 的电磁吸力。当三项磁力的合力与轴 14 的重力和外加力达到平衡时，轴 14 悬浮在三个主磁极 13 之间并与各主磁极 13 保持相等的气隙 $\varepsilon$ 。一旦受到外界力的干扰，轴 14 与三个主磁极 13 间的气隙即将发生变化。由于气隙传感器 19 具有输出电流（或电压）大小与气隙的大小在一定范围内成近似正比例线性关系的特性，只要气隙 $\varepsilon$ 变化，气隙传感器 19 即输出变化的电流。通过控制器 18 与功率放大器 17 的处理和放大作用，及时调整各电磁绕组 15 的输入电流，从而改变各主磁极 13 对轴 14 的磁吸力，使磁吸力与重力和外加力重新达到平衡，变化的气隙亦均恢复到原来的大小，即轴 14 被迅速调整回到原平衡时的悬浮位置。

为了提高轴 14 的回转精度以及改善磁悬浮系统的刚度，往往采用对称的多个主磁极结构。例如，两对四磁极、三对六磁极、四对八磁极以及六对十二磁极等结构形式在磁轴承领域均有使用。图 2 中虚线只表示了另外三个主磁极 13 中的一个及其相应的控制示意图。该控制系统增加了一个反相器 16，把控制器 18 输出的正电流差值反相变为负值，或把负电流差值反相为正值，以控制该主磁极 13 的电磁吸力大小，保持轴 14 的悬浮稳定。

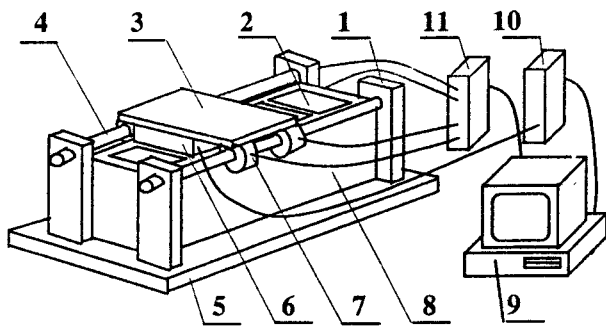


图 1

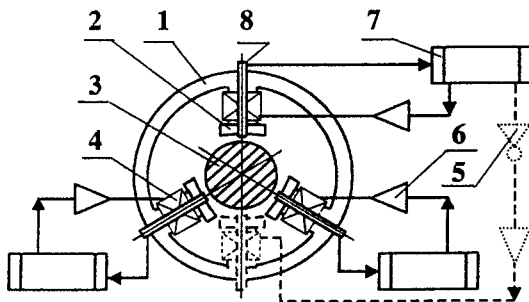


图 2