



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03111308.7

[43] 公开日 2004 年 9 月 29 日

[11] 公开号 CN 1532656A

[22] 申请日 2003.3.26 [21] 申请号 03111308.7
 [71] 申请人 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] 发明人 吴一辉 郭占社 贾宏光

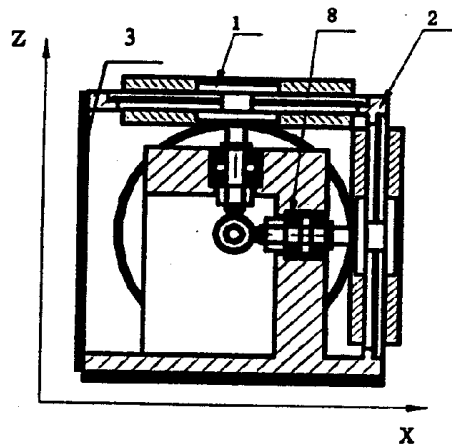
[74] 专利代理机构 长春科宇专利代理有限责任公
 司
 代理人 梁爱荣

权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 1 页

[54] 发明名称 一种微型三轴姿态控制装置及制作

[57] 摘要

本发明涉及用于纳米卫星的微型三轴姿态控制装置及制作方法。本发明包括三个平面电机 1、立方体支撑框架 2 以及控制板 3，平面定子制作：利用电感耦合等离子体刻蚀工艺和准 LIGA 工艺，在衬底上制作过线孔和平面定子；本发明将平面电机的质量集中在转子上，从而使本发明有效质量大大增加，既降低了整个控制装置的重量又保证了姿态调整所需的角动量；三个平面电机安装在立方体支撑框架上节省了空间，也减少了支撑结构的重量。本发明的总重量小于 40 克，体积为 15mm × 15mm × 15mm，从而使重量为 1 公斤左右的纳米卫星的高精度三轴姿态控制成为可能。因此，本发明提供了一种适合纳米卫星高精度姿态控制要求的微型三轴姿态控制装置。



ISSN 1008-4274

1、一种微型三轴姿态控制装置，其特征在于包括：三个平面电机 1、立方体支撑框架 2 以及控制板 3，三个平面电机 1 通过其转子轴和轴承分别安装在立方体支撑框架 2 的三个相互垂直的平面上；三个平面电机 1 的三个转子轴的延长线交于一点；每个平面电机 1 的控制板 3 分别与平面电机 1 相对的立方体支撑框架 2 的平面连接。

2、根据权利要求 1 所述的微型三轴姿态控制装置，其特征在于它的平面电机包括：转子 4 和 5、平面定子 6 和转子轴 7，转子轴 7 置于转子 4 和 5 中并固定连接，转子轴 7 与支撑框架 2 上的轴承 8 相连接，平面定子 6 固定在支撑框架 2 上，转子 4 和 5 分别位于平面定子 6 的两侧，转子轴 7 穿过平面定子 6 的孔与其间隙配合。

3、根据权利要求 1 所述的微型三轴姿态控制装置，其特征在于它的平面定子包括：衬底 9、过线孔 10 和定子线圈 11，在衬底 9 的两个平面上分别制备有若干个定子线圈 11，穿透衬底 9 本体制备有若干个过线孔 10，在衬底 9 一个平面上的若干个定子线圈 11 与另一个平面的若干个定子线圈 11 分别通过若干个过线孔 10 连接。

4、根据权利要求 1 和 3 所述的微型三轴姿态控制装置，其特征在于：衬底 9 的一个平面上定子线圈 11 的内圈端与过线孔 10 连接，定子线圈 11 的外圈端与另一个定子线圈 11 的外圈端连接，衬底 9 另一个平面上定子线圈 11 的连接方式与前述定子线圈 11 连接方式相同。

5、根据权利要求 1 所述的微型三轴姿态控制装置，其特征在于：转子 4 和 5 包括若干对磁极，磁极的 N、S 极间隔分布于以转子中心为对称点的平面上。

6、一种微型三轴姿态控制装置的制作，制作方法如下：

A.立方体支撑框架采用金属材料，用精密机械加工的方法将立方体支撑框架制成正立方体或长方体；

B.采用 PCB 工艺制作控制板，在控制板上含有电阻、电容、集成芯片；

C.平面电机转子的制作：

转子采用永磁材料,利用自制冲磁装置进行轴向冲磁得到盘状转子;

其特征在于制作方法还包括:

D. 平面电机平面定子的制作包括两部分:

第一部分是利用电感耦合等离子体刻蚀工艺在硅衬底上制作过线孔;

第二部分主要利用准 LIGA 工艺在硅衬底上制作平面定子;以铜为种子层,通过光刻、电铸、去种子层得到平面定子的平面线圈。

一种微型三轴姿态控制装置及制作

技术领域: 本发明属于微机电和精密机电系统技术领域, 涉及对用于纳米卫星的微型三轴姿态控制装置及制作方法的改进。

背景技术: 未来空间科学的发展需要对多个小卫星编队组网从而完成对地观测、通讯等任务, 在该需求的牵引下许多国家都在研制发射成本和制造成本都比较低的微卫星和纳卫星。由于飞轮系统能提供较高的姿态控制精度, 其微型化研究已成为微卫星和纳卫星研究的关键技术之一。

目前已研制成功的小飞轮质量多在 1kg 左右, 如 2000 年 AeroAstro 与 Alcatel 共同研制了质量为 750g, 角动量矩为 $120\text{mN}\cdot\text{m}\cdot\text{s}$, 输出力矩为 $5\text{mN}\cdot\text{m}$ 的小飞轮, 英国 Surrey 集团 TiungSat 一号上的质量为 1kg 的小飞轮等, 这些小飞轮由惯量轮和直流无刷电机构成, 电机带动惯量轮高速旋转产生卫星所需要的角动量。要对质量为十公斤以下的纳米卫星进行高精度姿态控制需要质量为几十克的微型飞轮系统, 而目前的小飞轮还不能做到角动量矩大、重量极轻。

本发明的详细内容: 针对上述背景技术中要对质量为十公斤以下的纳米卫星进行高精度姿态控制需要质量为几十克的微型姿态控制系统, 而目前的小飞轮还不能做到重量极轻、角动量矩大等问题, 本发明将要提供一种适合纳米卫星高精度姿态控制的体积小、重量轻、功耗低及高可靠性的三轴姿态控制装置及其制作。

如图 1 所示, 本发明包括: 三个平面电机、立方体支撑框架以及控制板, 三个平面电机通过转子轴和轴承分别安装在立方体支撑框架的三个相互垂直的平面上; 三个平面电机的三个转子轴的延长线交于一点; 每个平面电机的控制板分别与平面电机相对的立方体支撑框架的平面连接。

本发明工作时: 通过改变三个平面电机的转速获得各转子轴的角动量变化并通过立方体支撑框架把角动量的变化传递给卫星, 从而达到对卫星进行姿态控制的目的。

本发明的平面电机如图 2 所示：每个平面电机由两个转子、一个平面定子和转子轴组成，转子轴置于转子中并固定连接，转子轴与支撑框架上的轴承相连接，平面定子固定在支撑框架上，两个转子分别位于平面定子两侧，转子轴穿过平面定子的孔与其间隙配合。

本发明平面电机的平面定子如图 3 所示：平面定子包括衬底、过线孔和定子线圈，在衬底的两个平面上分别制备有若干个定子线圈，穿透衬底本体制备有若干个过线孔，在衬底一个平面的若干个定子线圈与另一个平面的若干个定子线圈分别通过若干个过线孔连接。衬底的一个平面上定子线圈的内圈端与过线孔连接，定子线圈的外圈端与另一个定子线圈的外圈端连接，衬底另一个平面上定子线圈的连接方式与前述定子线圈连接方式相同。

本发明平面电机的转子如图 4 所示包括两个转子，转子包括若干对磁极，磁极的 N、S 极间隔分布于以转子中心为对称点的平面上。

本发明平面电机的工作原理：由于定子线圈固定在衬底上，平面定子处于固定状态，所以转子受到的反作用力方向正好和平面定子受到的作用力方向大小相等、方向相反。当转子 N 极（与定子线圈相对的磁极）与定子线圈（B 相）中心重合时，如继续对该相线圈通电，转子上受到的反作用力方向将阻止转子的转动。这时，如对另一相定子线圈接着通电（C 相）只要电流方向与 B 相定子线圈通电方向相同，其驱动转子的转动方向正好与前述定子线圈的驱动方向相同。因此，按照一定的通电顺序连续对定子线圈通过三相方波电流（如 A、B、C 顺序），就保证了平面定子的连续转动。由于在每一个时刻都有 6 个与转子相对应的定子线圈通电，只要磁极方向判别正确，则每时刻都有 6 只定子线圈同时通过电流驱动转子的转动，因而能保证电机具有较大的转动力矩。

本发明的制作包括：

A.立方体支撑框架采用金属材料，用精密机械加工的方法将立方体支撑框架制成正立方体或长方体；

B.采用 PCB 工艺制作控制板，在控制板上含有电阻、电容、集成芯片；

C.平面微电机的制作包括转子和平面定子的制作：

a 转子采用永磁材料，利用自制冲磁装置进行轴向冲磁得到盘状转子；

b 如图 5 所示，平面定子的制作主要包括两部分：

第一部分是利用电感耦合等离子体刻蚀工艺在硅衬底上制作过线孔；

第二部分主要利用准 LIGA 工艺在硅衬底上制作平面定子；以铜为种子层，通过光刻、电铸、去种子层得到平面定子的平面线圈。

本发明采用微机械工艺制作平面电机，使平面电机的质量集中在转子上，从而使有效质量大大增加，这样做到了既降低了整个控制装置的总重量又保证了调整三轴姿态所需的角动量；三个平面电机安装在立方体支撑框架上最大限度地节省了空间，也减少了支撑结构的重量。本发明的总重量小于 40 克，体积为 15 mm × 15 mm × 15 mm。本发明使重量为 1 公斤左右的纳米卫星的高精度三轴姿态控制成为可能。因此，本发明提供了一种适合纳米卫星高精度姿态控制的体积小、重量轻、功耗低及高可靠性、长寿命的微型三轴姿态控制装置。

附图说明：

图 1-1 和图 1-2 是本发明的结构示意图

图 2 是本发明平面电机装配示意

图 3 是本发明平面电机定子线圈示意图

图 4 是本发明平面电机转子示意图

图 5 是本发明平面电机定子线圈制作工艺流程

具体实施方式：

如图 1-1 和图 1-2 所示，本发明包括：三个平面电机 1、立方体支撑框架 2、控制板 3。其中平面电机如图 2 所示：每个平面电机由转子 4 和 5、平面定子 6、转子轴 7 和轴承 8 组成；平面电机的平面定子如图 3 所示：平面定子包括衬底 9、过线孔 10 和定子线圈 11；平面电机的转子如图 4 所示，转子 4 和 5 包括若干对磁极。

立方体支撑框架 2 采用铝材料或钛合金或其它比重比较小的金属材料，用精密机械加工的方法制成正立方体或长方体。

控制板 3 采用 PCB 工艺制作控制板，包括：电阻和电容根据控制电路实际需要可采用市场上供应的常规产品；集成芯片可采用 4046

芯片和 4017 芯片等。

如图 2 所示平面电机 1 的制作：

如图 4 所示，转子 4 和转子 5 的制作：转子采用钕铁硼永磁材料制成盘状，然后对盘状钕铁硼永磁材料轴向充磁。

转子轴 7 采用铜制成，其尺寸可根据控制系统需要来设计。轴承 8 采用市场供应的滚珠轴承。

如图 5 所示，平面定子 6 的制作工艺过程主要包括两部分：

第一部分主要是利用 ICP 工艺在衬底 9 上制作过线孔 10 工艺过程：衬底 9 采用硅片，硅片可选择<100>晶向的硅片，首先取<100>晶向的硅片如图 5-1，放在氧化炉中进行双面氧化，最后在硅片表面氧化出来约 1 微米厚的二氧化硅绝缘层如图 5-2，通过甩胶、前烘、光刻、显影等工艺过程，在硅片上得到过线孔 10 的窗口 12，窗口 12 部分为 SiO_2 ，其余部分被光刻胶保护起来如图 5-3。把硅片放入氢氟酸溶液中，腐蚀掉窗口 12 的 SiO_2 ，然后把去掉光刻胶后的硅片放在 ICP 离子刻蚀机中进行干法刻蚀，得到如图 5-4 所示的过线孔 10。

第二部分主要利用准 LIGA 工艺在上述衬底 9 的硅片上制作定子线圈 11：把腐蚀完毕的衬底 9 清洗后烘干，然后在硅片的两个表面溅射铜作种子层如图 5-5。把溅射完铜的硅片通过双面甩胶、前烘、双面光刻、双面显影得到定子线圈 11 的窗口如图 5-6。把光刻完毕的硅片放入电铸仪中进行电铸，得到带有光刻胶的定子线圈；然后把带有光刻胶的定子线圈的硅片放入丙酮中去胶如图 5-7，再放入 FeCl_3 溶液中去掉种子层的铜，最后得到完整平面电机的定子线圈 11，如图 5-8。

若干个定子线圈 11 根据控制装置的需要可以在正反面各制作 18 个、8 个、9 个、6 个；根据控制装置的要求和定子线圈制作个数的要求转子 4 和 5 可以充 4 对、6 对或 8 对磁极。

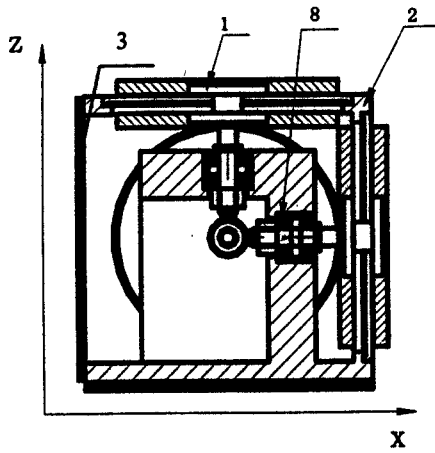


图 1-1

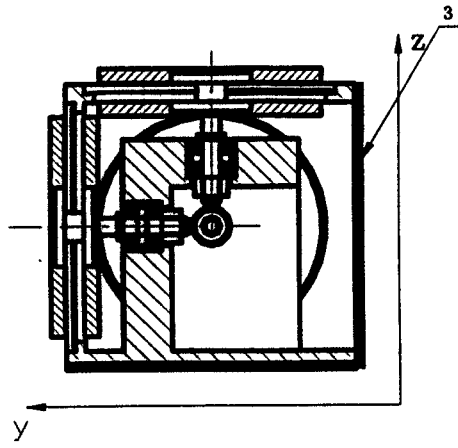


图 1-2

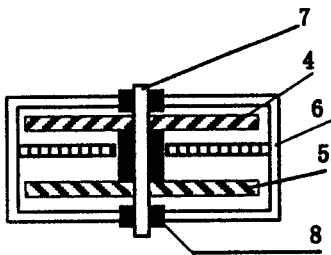


图 2

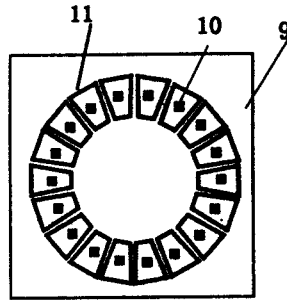


图 3

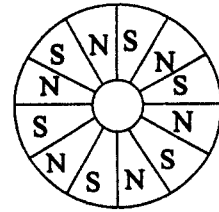


图 4

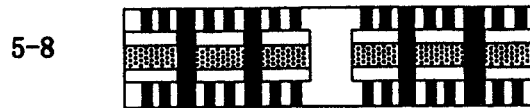
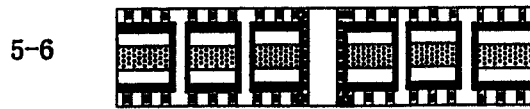


图 5