

平面电机位移装置

相关申请交叉引用

5       本专利申请要求于 2020 年 05 月 28 日提交的、申请号为 202010468071.X、  
发明名称为“平面电机位移装置”的中国专利申请的优先权，上述申请的全文  
以引用的方式并入本文中。

技术领域

10       本发明涉及精密运动领域，具体涉及一种平面电机位移装置。

背景技术

磁浮平面电机运动台主要用于半导体装备中，例如扫描投影光刻机、晶圆切割  
机、倒装键合机等，其功能是承载晶圆做微纳米精度的精密运动，以实现  
15       精确加工。磁浮平面电机运动台一般包括一套平面电机、一套六自由度位移测量系  
统、一套功率放大器、一套运动控制器。例如专利号 US6496093 和 EP3320400B1  
的文献对平面电机的拓扑结构做出创新，六自由度位移测量系统还是沿用传统的解  
决方案。

传统的六自由度位移测量系统集成了一套三轴激光干涉仪和一套电涡流位  
20       移传感器。其中，三轴激光干涉仪用于实时测量运动台的 X 方向平动、Y 方向  
平动和 Z 方向转动；至少三个电涡流位移传感器用来实时测量运动台的 X 方向  
转动、Y 方向转动和 Z 方向平动。然而，激光干涉仪成本高昂，其精度对测量  
环境非常敏感：温度变化、湿度变化、空气流动都会造成扰动，降低其精度。  
电涡流位移传感器的成本也非常高昂。另一套方案是使用平面栅尺系统来代替  
25       激光干涉仪，但是平面栅尺的成本跟激光干涉仪在一个数量级。这两种方案都  
非常容易受到环境干扰，比如气流、颗粒污染、污渍等，导致传感器精度降低  
甚至完全失效，造成运动台故障。

发明内容

30       本发明的目的在于提供一种位移装置，以解决现有技术中存在的磁浮平面电

机运动台的成本过高、易受环境干扰的问题。

为此，本发明提供一种平面电机位移装置，包括动子和定子，其中

所述定子上设有在一个平面上延伸的磁体阵列，所述磁体阵列形成工作区域，所述定子上还平铺有至少一个第一方向平面栅尺和至少一个第二方向平面栅尺，所述至少一个第一方向平面栅尺的迹线彼此平行且沿第一方向间隔排列，所述至少一个第二方向平面栅尺的迹线彼此平行且沿第二方向间隔排列，所述第一方向和所述第二方向彼此相交；

所述动子上设有第一方向三相线圈阵列和第二方向三相线圈阵列，并设置成能够在所述工作区域上方运动，且设有至少一个第一方向读数头和至少一个第二方向读数头，所述至少一个第一方向读数头和至少一个第二方向读数头随着所述动子的运动分别在所述至少一个第一方向平面栅尺和所述至少一个第二方向平面栅尺的平铺范围内移动。

在一实施例中，所述至少一个第一方向平面栅尺和/或所述至少一个第二方向平面栅尺的迹线由导电材料制成。

在一实施例中，所述第一方向和所述第二方向彼此正交，所述磁体阵列为二维 Halbach 阵列。

在一实施例中，所述至少一个第一方向读数头为至少两个第一方向读数头，或所述至少一个第二方向读数头为至少两个第二方向读数头。

在一实施例中，所述至少一个第一方向读数头为位于所述工作台一对对角角部位置的两个第一方向读数头，所述至少一个第二方向读数头为位于所述工作台另一对对角角部位置的两个第二方向读数头。

在一实施例中，所述至少一个第一方向平面栅尺为覆盖所述工作区域相应一对对角区域的两个第一方向平面栅尺，和/或所述至少一个第二方向平面栅尺为覆盖所述工作区域相应另一对对角区域的两个第二方向平面栅尺，所述至少一个第一方向平面栅尺的迹线和所述至少一个第二方向平面栅尺的迹线等间距间隔排列。

在一实施例中，所述至少一个第一方向读数头为位于所述工作台一条边缘上间隔开位置的两个第一方向读数头，所述至少一个第二方向读数头为位于所述工作台上与所述一条边缘相对边缘上的一个第二方向读数头。

在一实施例中，所述至少一个第一方向平面栅尺为覆盖所述工作区域相应一条边缘附近区域的至少一个第一方向平面栅尺，所述至少一个第二方向平面栅尺为覆

盖所述工作区域相应一条边缘附近区域的一个第二方向平面栅尺。

在一实施例中，所述工作台上设有至少三个不在同一直线上的霍尔传感器阵列。

在一实施例中，所述霍尔传感器阵列包括不在同一直线上的三个霍尔传感器。

5 在一实施例中，所述三个霍尔传感器位于等腰直角三角形的顶点。

在一实施例中，所述等腰直角三角形的斜边沿所述第一方向或所述第二方向延伸。

在一实施例中，所述磁体阵列中相邻的 N 磁体与 S 磁体的中心间距为  $\tau$ ，所述等腰直角三角形的直角边长为  $a$ ，则  $a = \tau / 2 + n \tau$ ， $n$  为不小于零的整数。

10 在一实施例中，所述位移装置包括 4 个所述霍尔传感器阵列，4 个所述霍尔传感器阵列均匀间隔地配置在所述动子的外周。

本发明提出的位移装置集成了平面电机和单向平面栅尺，使用单向平面栅尺和单向读数头代替激光干涉仪和平面栅尺，将位移传感器的成本降低两个数量级，大幅降低了平面电机运动台的整体成本，增强其市场竞争力，同时提高其  
15 测量精度。其中，基于电涡流效应的单向平面栅尺的精度可达到十纳米级，而且其不易受环境影响；光学单向平面栅尺的精度可达到纳米或亚纳米级，其精度更高。再集成霍尔传感器阵列，整个装置可实现六自由度磁悬浮运动，即 X 方向和 Y 方向的长行程运动，以及其它四个自由度的微调。

## 20 附图说明

图 1 是根据本发明一实施例的位移装置的示意图；

图 2 是根据本发明再一实施例的位移装置的示意图

图 3 是根据本发明另一实施例的磁体阵列的示意图；

图 4 是根据本发明又一实施例的磁体阵列的示意图；

25 图 5 是根据本发明再一实施例的磁体阵列的示意图。

附图标记列表：

500-位移装置；100-定子；200-动子；10-磁体阵列；10X-第一磁体组；10Y-第二磁体组；101-第一磁体块；102-第二磁体块；103-第三磁体块；104-第四磁  
30 体块；20-线圈阵列；201-第一 X 向三相线圈组；202-第一 Y 向三相线圈组；203-

第二 X 向三相线圈组；204-第二 Y 向三相线圈组；30X-X 向平面栅尺；30Y-Y 向平面栅尺；301-第一 X 向平面栅尺；302-第一 Y 向平面栅尺；303-第二 X 向平面栅尺；304-第二 Y 向平面栅尺；40X-X 向读数头；30Y-Y 向读数头；401-第一 X 向读数头；402-第一 Y 向读数头；403-第二 X 向读数头；404-第二 Y 向  
5 读数头；50-霍尔传感器阵列。

### 具体实施方式

以下将结合附图对本发明的较佳实施例进行详细说明，以便更清楚理解本发明的目的、特点和优点。应理解的是，附图所示的实施例并不是对本发明范围的限制，  
10 而只是为了说明本发明技术方案的实质精神。

在下文的描述中，出于说明各种公开的实施例的目的阐述了某些具体细节以提供对各种公开实施例的透彻理解。但是，相关领域技术人员将认识到可在无这些具体细节中的一个或多个细节的情况来实践实施例。在其它情形下，与本申请相关联的熟知的装置、结构和技术可能并未详细地示出或描述从而避免  
15 不必要地混淆实施例的描述。

除非语境有其它需要，在整个说明书和权利要求中，词语“包括”和其变型，诸如“包含”和“具有”应被理解为开放的、包含的含义，即应解释为“包括，但不限于”。

在以下描述中，为了清楚展示本发明的结构及工作方式，将借助诸多方向  
20 性词语进行描述，但是应当将“左”、“右”、“外”、“内”、“上”、“下”等词语理解为方便描述相对位置关系的用语，而不应当理解为限定性词语。

参见图 1，其中示出了根据本发明一实施例的平面电机位移装置 500 的俯视图。该平面电机位移装置 500 包括定子 100 和动子 200。如图所示，该图的图面为 XY 平面，其中图面中水平向右为 X 向，图面中向上为 Y 向，垂直于图面方向为 Z 向。该实施例中，X 向、Y 向及 Z 向相互正交。但应理解，X 向、Y 向  
25 及 Z 向不一定彼此正交，只要彼此相交即可。本发明的下述实施例以 X 向、Y 向及 Z 向相互正交的情况为例进行描述。

定子 100 上设有大致在一个平面上延伸的磁体阵列 10，该磁体阵列 10 形成工作区域。较佳地，磁体阵列 10 在一 XY 平面上延伸。动子 200 上设有线圈阵

列 20, 从而通过与磁体阵列 10 的相互作用动子 200 可悬浮在工作区域上方。在所示实施例中, 动子 200 呈大致方形板, 但应理解, 根据需要, 动子 200 也可设置成其他形状, 例如矩形板、圆形板等。所示实施例中, 线圈阵列 20 设置在动子 200 的上表面。但应理解, 线圈阵列 20 也可设置在动子 200 的下表面。所示实施例中, 线圈阵列 20 包括第一 X 向三相线圈组 201、第一 Y 向三相线圈组 202、第二 X 向三相线圈组 203、以及第二 Y 向三相线圈组 204。其中第一 X 向三相线圈组 201 和第二 X 向三相线圈组 203 布置在三相线圈阵列 20 的一对对角区域, 而第一 Y 向三相线圈组 202 和第二 Y 向三相线圈组 204 布置在线圈阵列 20 的另一对对角区域。其中各三相线圈组较佳地布置在同一平面上, 第一和第二 X 向三相线圈组 201 和 203 能够与磁体阵列 10 相互作用产生 X 向和 Z 向的推力, 而第一和第二 Y 向三相线圈组 202 和 204 能够与磁体阵列 10 相互作用产生 Y 向和 Z 向的推力, 由此可带动动子 200 在工作区域范围内进行六个自由度的运动, 即 X、Y、Z 方向的平动以及绕 X、Y、Z 方向的转动。还应理解, 各三相线圈组也可呈其他方式排布在动子 200 上。动子 200 上设置一个 X 向三相线圈组和一个 Y 向三相线圈组即可实现动子 200 沿 X 向、Y 向、Z 向的平动以及 X 向和 Y 向的转动, 而再增加一个 X 向或 Y 向三相线圈组即可实现动子 200 的 Z 向转动。因此, 为了实现六个自由度的运动, 需要设置至少三个三相线圈组, 其中包括至少一个 X 向线圈组和至少一个 Y 向线圈组。

如图 1 所示, 在动子 200 上设有四个读数头: 第一 X 向读数头 401、第一 Y 向读数头 402、第二 X 向读数头 403、以及第二 Y 向读数头 404, 分别设置在动子 200 的四个顶点附近。但应理解, 上述四个读头的位置并不限于此, 只要能形成一个四边形即可。在动子 200 上相应地铺设四个平面栅尺: 第一 X 向平面栅尺 301、第一 Y 向平面栅尺 302、第二 X 向平面栅尺 303 以及第二 Y 向平面栅尺 304。各平面栅尺可以是光栅, 也可以是磁栅、电容性栅尺或者电涡流原理的栅尺。相应地, 栅尺的迹线可由导光材料 (即透明材料)、导磁材料或者导电材料制成。优选地, 迹线由导电材料制成。较佳地, 各平面栅尺在工作区域内不交叠, 从而防止读数头通过光栅迹线读取的坐标值发生混淆。在所示实施例中, 第一 X 向平面栅尺 301 和第二 X 向平面栅尺 303 分别位于工作区域的

一对对角区域，在所示附图中为左下角区域和右上角区域；而第一 Y 向平面栅尺 302 和第二 Y 向平面栅尺 304 位于工作区域的另一对对角区域，在所示附图中为左上角区域和右下角区域。相应地，在动子 200 运动期间，上述四个读数头分别在第一 X 向平面栅尺 301、第一 Y 向平面栅尺 302、第二 X 向平面栅尺 303 以及第二 Y 向平面栅尺 304 的平铺范围内移动，从而通过平面栅尺的迹线读取第一和第二 X 向读数头的 X 坐标以及第一和第二 Y 向读数头的 Y 坐标。通过四个读数头读取位移信号，并将位移信号反馈到控制器，由控制器提供控制信号，以控制动子 200 的 X、Y 方向的平动以及绕 Z 方向的转动。

尽管在所示实施例中，一共设有四个平面栅尺和四个读数头，但应理解，X 向读数头和 Y 向读数头的数量并不限于此，可设置至少一个 X 向读数头和至少一个 Y 向读数头以及相应的至少一个 X 向平面栅尺和至少一个 Y 向平面栅尺。当仅设置一个 X 向读数头和一个 Y 向读数头时，根据从该两个读数头读取的坐标值，能够计算并控制动子 200 的 X、Y 方向的平动。而当再设置另一个 X 向读数头或另一个 Y 向读数头时，即可通过从三个读数头读取位移信号并将位移信号反馈到控制器，由控制器提供控制信号，以控制动子 200 的 X、Y 方向的平动以及绕 Z 方向的转动。还应理解，为了扩大动子 200 在工作区域内沿 X 向和 Y 向的运动行程，X 向读数头和 Y 向读数头应间隔尽可能远，从而最大程度避免 X 向平面栅尺与 Y 向平面栅尺产生交叠。还应理解，动子 200 上读数头以及工作区域内平面栅尺的设置并不限于上述实施例，只要各读数头适当间隔开，且与各读数头对应的平面栅尺的铺设范围不小于动子 200 上各读数头的运动范围即可。

图 2 示出了动子 200 上设置三个读数头和两个平面栅尺 30X 和 30Y 的实施例，其中设有 X 向读数头 40X 以及第一 Y 向读数头 302 和第二 Y 向读数头 304。其中第一 Y 向读数头 302 和第二 Y 向读数头 304 设置在动子 200 相邻的两个角部位置，在附图中为左上角和右上角，而 X 向读数头 40X 设置在与两个 Y 向读数头所在边缘相对的边缘中点处。相应地，X 向平面栅尺 30X 设置在工作区域的下方，Y 向平面栅尺 30Y 设置在工作区域的上方。但应理解，三个读数头的位置并不限于此。只要各读数头适当间隔开，以使对应的平面栅尺不交叠，且

对应的平面栅尺的平铺范围不小于动子 200 上各读数头的运动范围即可。该实施例中两个 Y 向读数头对应于一个 Y 向平面栅尺，但应理解，也可设置彼此间隔开的两个 Y 向平面栅尺。依此配置，3 个读数头可以用于测量并控制动子 200 的三个自由度的运动，即 X 方向位移、Y 方向位移、以及 Z 方向转动。

5 图 1 中所示磁体阵列 10 为二维 Halbach 阵列，其中多个 N 磁体、S 磁体以及 H 磁体沿一 XY 平面以二维 Halbach 方式成排成周期排列。即，在相邻的 N 磁体与 S 磁体之间设有 H 磁体，H 磁体的磁化方向指向 N 磁体。其中，相邻 N 磁体与 S 磁体的中心间距为  $\tau$ ，磁体 N-H-S-H-N-H-S-H 的排布方向与 X 方向的角度为  $\alpha = \pi/4$ 。

10 图 3 中示出了磁体阵列 10 的另一实施例的俯视图，与图 1 所示磁体阵列 10 的实施例相比，区别仅在于图 2 中的磁体阵列移除了图 1 中所示磁体阵列实施例中的 H 磁体。同样地，N 磁体和 S 磁体沿一 XY 平面成排成列周期排列，N 磁体和相邻 S 磁体之间间隔开，且相邻的 N 磁体与 S 磁体的中心间距为  $\tau$ ，磁体 S-N-S-N 的排布方向与 X 方向的角度为  $\alpha = \pi/4$ 。

15 图 4 中示出了磁体阵列 10 的又一实施例的俯视图。其中磁体阵列 10 包括第一磁体组 10X 和第二磁体组 10Y，第一磁体组 10X 和第二磁体组 10Y 沿 X 向和 Y 向成排成列交替排列配置。第一磁体组 10X 包括沿 Y 方向以一维 Halbach 阵列依次排列的四个磁体：S 磁体、H 磁体、N 磁体和 H 磁体，成 S-H-N-H 的排列，其中 H 磁体的磁化方向指向 N 磁体，相邻的 N 磁体与 S 磁体的中心间距为  $\tau$ 。第二磁体组 10Y 包括沿 X 方向以一维 Halbach 阵列依次排列的四个磁体：S 磁体、H 磁体、N 磁体和 H 磁体，成 S-H-N-H 的排列，其中 H 磁体的磁化方向指向 N 磁体，相邻的 N 磁体与 S 磁体的中心间距为  $\tau$ 。即，第二磁体组 10Y 由第一磁体组 10X 在俯视图中沿 XY 平面逆时针转动  $90^\circ$  而成。

25 图 5 中示出了磁体阵列 10 的再一实施例的俯视图。其中磁体阵列 10 包括沿 X 向和 Y 向成行成列周期排列的多个方形子阵列，该子阵列由第一磁体块 101、第二磁体块 102、第三磁体块 103 和第四磁体块 104 组成。在所示实施例中，第一磁体块 101 布置在子阵列的左上区域，第二磁体块 102 布置在子阵列的左下区域，第三磁体块 103 布置在子阵列的右下区域，第四磁体块 104 布置

在子阵列的右上区域。其中，第一磁体块 101 包括沿 Y 向依次排列的 S 磁体和 H 磁体，其中 H 磁体的磁化方向背离 S 磁体。第二磁体块 102 包括沿 X 向依次排列的 S 磁体和 H 磁体，其中 H 磁体的磁化方向背离 S 磁体。第三磁体块 103 包括沿 Y 向依次排列的 N 磁体和 H 磁体，H 磁体的磁化方向指向 N 磁体。第四磁体块 104 包括沿 X 向依次排列的 N 磁体和 H 磁体，H 磁体的磁化方向指向 N 磁体。其中第二磁体块 102 为第一磁体块 101 在俯视图中沿 XY 平面逆时针旋转 90° 而成。第四磁体块 104 为第三磁体块 103 在俯视图中沿 XY 平面逆时针旋转 90° 而成。第一磁体块 101 中的 S 磁体与第三磁体块 103 中的 N 磁体的 Y 向中心间距为  $\tau$ ，第二磁体块 102 中的 S 磁体与第四磁体块 104 中的 N 磁体的 X 向中心间距为  $\tau$ 。

尽管本说明书仅描述了磁体阵列 10 的上述四个实施例，但应理解，本发明的磁体阵列 10 可采用任何平面电机定子的、现有的或待开发的磁体阵列。

为了实现六个自由度的运动，在动子 200 上还设置有霍尔传感器阵列 50。每个霍尔传感器阵列 50 可以通过测量磁体阵列 10 产生的磁场强度获得其在 Z 方向的位移，霍尔传感器可以按照测量 X 方向、Y 方向或 Z 方向的磁场强度来配置，优选配置为测量 Z 方向磁场强度。通过设置不在同一条直线上的至少三个霍尔传感器阵列 50 来测量动子三个位置的 Z 方向位移，综合三个霍尔传感器阵列的输出信号，可以结算出动子 200 三个自由度的位移，即动子 200 沿 Z 向的平动、X 向的转动以及 Y 向的转动。各霍尔传感器阵列 50 较佳地布置在同一平面上，且更佳地，与所述三相线圈组所在平面相比，霍尔传感器所在平面更加远离磁体阵列。

在图 1 所示实施例中，动子 200 包括 4 个霍尔传感器阵列 50，4 个霍尔传感器阵列 50 设置在动子 200 的外周且彼此均匀地间隔开。每个霍尔传感器阵列 50 均包括呈三角形分布的 3 个霍尔传感器，在所示实施例中，3 个霍尔传感器位于一等腰直角三角形的顶点。等腰直角三角形的斜边沿 X 向或 Y 向延伸，该实施例中磁体阵列 10 中相邻 N 磁体与 S 磁体的中心间距为  $\tau$ ，则等腰直角三角形的直角边长为  $a$ ，则

$$a = \tau / 2 + n \tau, \quad n \text{ 为不小于零的整数。}$$

该布置的霍尔传感器阵列 50 可应用于磁体阵列 10 中的各磁体沿与 X 向的角度  $\alpha = \pi/4$  成行成列排列的情况。例如，当采用图 2 所示磁体阵列 10 的实施

例时，也可应用呈上述等腰直角三角形排布的霍尔传感器阵列 50。

尽管上文仅描述了一种霍尔传感器阵列 50 的实施例，但应理解，霍尔传感

5 器阵列 50 中的传感器数量和排布也可根据需要变化而不脱离本发明的范围。

多个霍尔传感器阵列信号和读数头信号反馈到控制器，控制器根据预设的控制算法计算出控制信号，并通过驱动器来控制线圈电流，从而产生运动台的 6 个自由度的位移。

根据本发明的平面电机位移装置，通过采用霍尔传感器阵列来代替电涡流

10 位移传感器并采用平面栅尺和读数头来代替激光干涉仪，显著降低了平面电机位移装置的成本，并提高了运动控制精度。

以上已详细描述了本发明的较佳实施例，但应理解到，若需要，能修改实

施例的方面来采用各种专利、申请和出版物的方面、特征和构思来提供另外的

实施例。

15 考虑到上文的详细描述，能对实施例做出这些和其它变化。一般而言，在权利要求中，所用的术语不应被认为限制在说明书和权利要求中公开的具体实施

例，而是应被理解为包括所有可能的实施例连同这些权利要求所享有的全部

等同范围。

## 权 利 要 求

- 1、一种平面电机位移装置，其特征在于，  
包括动子和定子，其中
- 5        所述定子上设有在一个平面上延伸的磁体阵列，所述磁体阵列形成工作区域，  
所述定子上还平铺有至少一个第一方向平面栅尺和至少一个第二方向平面栅尺，所  
述至少一个第一方向平面栅尺的迹线彼此平行且沿第一方向间隔排列，所述至少一  
个第二方向平面栅尺的迹线彼此平行且沿第二方向间隔排列，所述第一方向和所述  
第二方向彼此相交；
- 10       所述动子上设有第一方向三相线圈阵列和第二方向三相线圈阵列，并设置成能  
够在所述工作区域上方运动，且设有至少一个第一方向读数头和至少一个第二方向  
读数头，所述至少一个第一方向读数头和至少一个第二方向读数头随着所述动子的  
运动分别在所述至少一个第一方向平面栅尺和所述至少一个第二方向平面栅尺的  
平铺范围内移动。
- 15       2、根据权利要求 1 所述的平面电机位移装置，其特征在于，所述至少一个第  
一方向平面栅尺和/或所述至少一个第二方向平面栅尺的迹线由导电材料制成。
- 3、根据权利要求 1 所述的平面电机位移装置，其特征在于，所述第一方向和  
所述第二方向彼此正交，所述磁体阵列为二维 Halbach 阵列。
- 4、根据权利要求 1 所述的平面电机位移装置，其特征在于，所述至少一个第  
20       一方向读数头为至少两个第一方向读数头，或所述至少一个第二方向读数头为至少  
两个第二方向读数头。
- 5、根据权利要求 1 和 4 任一项所述的平面电机位移装置，其特征在于，所述  
至少一个第一方向读数头为位于所述工作台一对对角角部位置的两个第一方向读  
数头，所述至少一个第二方向读数头为位于所述工作台另一一对对角角部位置的两个  
25       第二方向读数头。
- 6、根据权利要求 1 所述的平面电机位移装置，其特征在于，所述至少一个第  
一方向平面栅尺为覆盖所述工作区域相应一对对角区域的两个第一方向平面栅尺，  
和/或所述至少一个第二方向平面栅尺为覆盖所述工作区域相应另一一对对角区域  
的两个第二方向平面栅尺，所述至少一个第一方向平面栅尺的迹线和所述至少一个第  
30       二方向平面栅尺的迹线等间距间隔排列。

7、根据权利要求 1 和 4 任一项所述的平面电机位移装置，其特征在于，所述至少一个第一方向读数头为位于所述工作台一条边缘上间隔开位置的两个第一方向读数头，所述至少一个第二方向读数头为位于所述工作台上与所述一条边缘相对边缘上的一个第二方向读数头。

- 5        8、根据权利要求 7 所述的平面电机位移装置，其特征在于，所述至少一个第一方向平面栅尺为覆盖所述工作区域相应一条边缘附近区域的至少一个第一方向平面栅尺，所述至少一个第二方向平面栅尺为覆盖所述工作区域相应一条边缘附近区域的一个第二方向平面栅尺。

- 10       9、根据权利要求 1 所述的平面电机位移装置，其特征在于，所述工作台上设有至少三个不在同一直线上的霍尔传感器阵列。

10、根据权利要求 9 所述的平面电机位移装置，其特征在于，所述霍尔传感器阵列包括不在同一直线上的三个霍尔传感器。

11、根据权利要求 10 所述的平面电机位移装置，其特征在于，所述三个霍尔传感器位于等腰直角三角形的顶点。

- 15       12、根据权利要求 11 所述的平面电机位移装置，其特征在于，所述等腰直角三角形的斜边沿所述第一方向或所述第二方向延伸。

13、根据权利要求 11 所述的平面电机位移装置，其特征在于，所述磁体阵列中相邻的 N 磁体与 S 磁体的中心间距为  $\tau$ ，所述等腰直角三角形的直角边长为  $a$ ，则  $a = \tau / 2 + n \tau$ ， $n$  为不小于零的整数。

- 20       14、根据权利要求 9 所述的平面电机位移装置，其特征在于，所述位移装置包括 4 个所述霍尔传感器阵列，4 个所述霍尔传感器阵列均匀间隔地配置在所述动子的外周。