

平板音圈电机

技术领域

本发明涉及半导体加工设备，尤其涉及一种平板音圈电机。

背景技术

基于安培力原理制造的平板型音圈电机结构简单、维护方便、可靠性高、能量转换效率高，具有固定行程和直接驱动特性以及平滑的力行程输出和线性控制的特点，而且电气与机械时间常数低，推力/质量比高，无齿槽效应，不需要换向，理论上有无限的位置灵敏度，无嵌齿、无滞后响应，使音圈电机可以很好地应用在需要高速、高加速度、直线力或转矩响应的伺服控制，基于上述特性，音圈电机十分适用于要求快速、高精度定位的光刻机精密定位单元。

近年来，随着半导体元件集成化程度的提高，半导体加工设备光刻机中的多自由度精密定位工件台的操作精度要求达到了亚微米级，为抑制工件台振动，使其定位更精确，通常使用音圈电机进行驱动。另外，音圈电机也可用于光刻机刻蚀调焦系统中，作为光头调焦的执行机构使用，以提高刻蚀精度。

现有的平面音圈电机均无动子的重力补偿功能，从而使得电机的运作会受到重力作用产生不必要的误差，如果通过外加的设备实现该重力补偿功能，又很有可能造成增加电机发热的不利效果。

发明内容

本发明要解决的技术问题是提供一种能够实现动子的重力补偿的平板音圈电机。

为了解决这一技术问题，本发明提供了一种平板音圈电机，包括线圈单元和两个主磁极单元，两个所述主磁极单元对所述线圈单元施加安培力，所

述线圈单元内包括弱磁性小磁铁，所述两个主磁极单元对所述弱磁性小磁铁作用合力为竖直向上。

每个所述主磁极单元至少包括一对主磁极磁铁，所述一对主磁极磁铁距所述线圈单元的距离相等，所述两个主磁极单元关于所述线圈单元对称。

两个所述主磁极单元中对称的主磁极磁铁的充磁方向相同，同个所述主磁极单元内的一对主磁极磁铁的充磁方向相反。

所述两个主磁极单元排布在所述线圈单元的左右两侧形成横向的主磁场，所述线圈单元包括 2 个切割所述主磁场的通电导体部分，且所述 2 个通电导体部分为上下排布。

两个所述主磁极单元对所述线圈单元施加竖直向上的安培力，所述弱磁性小磁铁的充磁方向与位于其上方的两个所述主磁极磁铁的充磁方向相同。

位于所述弱磁性小磁铁上方的两个所述主磁极磁铁，对所述弱磁性小磁铁施加竖直向上的磁吸合力；位于下方的两个所述主磁极磁铁，对所述弱磁性小磁铁施加竖直向上的磁斥合力。

所述两个主磁极单元排布在所述线圈单元的上下两侧形成竖向的主磁场，所述线圈单元包括 2 个切割所述主磁场的通电导体部分，且所述 2 个通电导体部分为左右排布。

所述弱磁性小磁铁的充磁方向与所述线圈单元被施加的安培力方向相同。

位于所述弱磁性小磁铁上方的两个所述主磁极磁铁，对所述弱磁性小磁铁施加竖直向上的磁吸合力；位于其下方的两个所述主磁极磁铁，对所述弱磁性小磁铁施加竖直向上的磁斥合力。

所述平板音圈电机还包括间隔磁铁和背铁，所述间隔磁铁位于一对所述主磁极磁铁之间，所述间隔磁铁和一对主磁极磁铁均固定设在所述背铁上。

所述平板音圈电机还包括间隔磁铁，所述间隔磁铁位于一对所述主磁极磁铁之间，左侧的所述间隔磁铁的充磁方向与所述线圈单元被施加的安培力

方向相反，右侧的所述间隔磁铁的充磁方向与所述线圈单元被施加的安培力方向相同。

所述平板音圈电机还包括间隔磁铁，所述间隔磁铁位于一对所述主磁极磁铁之间，下方的所述间隔磁铁的充磁方向与所述线圈单元被施加的安培力方向相同，上方的所述间隔磁铁的充磁方向与所述线圈单元被施加的安培力方向相反。

所述弱磁性小磁铁在所述线圈单元中 2 个切割所述主磁场的所述通电导体部分之间的方向上的长度小于所述弱磁性小磁铁与主磁极磁铁平行方向上的长度。

所述线圈单元还包括绕线柱和线圈，所述弱磁性小磁铁在所述绕线柱内，所述线圈绕设在所述线圈柱外，柱体所在方向即绕制轴线的方向。

所述平板音圈电机还包括背铁，所述一对主磁极磁铁固定设在所述背铁上，所述绕线柱所在的所述线圈的绕制轴线平行于所述两个主磁极单元形成的主磁场方向，所述绕线柱所在的所述线圈的绕制轴线垂直于两端的所述背铁。

本发明在线圈单元中设置了弱磁性小磁铁，通过所述弱磁性小磁铁与主磁极单元之间的磁斥力或者磁吸力始终为线圈单元提供竖直向上的力，从而实现了重力的补偿，且该结构的设置仅仅是将线圈单元中的部分构件换做了弱磁性小磁铁，既不会影响线圈单元中的线圈所受到的安培力，也不会因结构的增加而产生增加电机发热这样的不利后果。提供一种能够实现动子的重力补偿的平板音圈电机。

附图说明

图 1 是本发明实施例 1 所提供的平板音圈电机的机构原理示意图；

图 2 是本发明实施例 1 所提供的平板音圈电机的弱磁性磁铁的受力示意图；

图 3 是本发明实施例 1 所提供的平板音圈电机的弱磁性磁铁的立体结构示意图;

图 4 是本发明实施例 1 所提供的平板音圈电机的弱磁性磁铁的横剖结构示意图;

图 5 是本发明实施例 1 所提供的平板音圈电机的弱磁性磁铁的纵剖结构示意图;

图 6 是本发明实施例 2 所提供的平板音圈电机的机构原理示意图;

图 7 是本发明实施例 2 所提供的平板音圈电机的弱磁性磁铁的受力示意图;

图 8 是本发明实施例 2 所提供的平板音圈电机的弱磁性磁铁的立体结构示意图;

图 9 是本发明实施例 2 所提供的平板音圈电机的弱磁性磁铁的横剖结构示意图;

图 10 是本发明实施例 2 所提供的平板音圈电机的弱磁性磁铁的纵剖结构示意图;

图 11 是本发明实施例 3 所提供的平板音圈电机的机构原理示意图;

图 12 是本发明实施例 3 所提供的平板音圈电机的弱磁性磁铁的立体结构示意图;

图 13 是本发明实施例 3 所提供的平板音圈电机的弱磁性磁铁的横剖结构示意图;

图 14 是本发明实施例 3 所提供的平板音圈电机的弱磁性磁铁的纵剖结构示意图;

图 15 是本发明实施例 4 所提供的平板音圈电机的机构原理示意图;

图 16 是本发明实施例 4 所提供的平板音圈电机的弱磁性磁铁的立体结构示意图;

图 17 是本发明实施例 4 所提供的平板音圈电机的弱磁性磁铁的横剖结构

示意图；

图 18 是本发明实施例 4 所提供的平板音圈电机的弱磁性磁铁的纵剖结构示意图；

图中，101a、101b、102a、102b-主磁极磁铁；103a、103b-间隔磁铁；104-线圈；105-绕线柱；106-背铁；107-弱磁性磁铁。

具体实施方式

以下将结合图 1 至图 18，通过四个实施例对本发明提供的具有重力补偿功能的平板音圈电机进行详细的描述，其为本发明四个可选的实施例，可以认为本领域的技术人员在不改变本发明精神和内容的范围内能够对其进行修改和润色。

实施例 1

请参考图 1，本实施例提供了一种具有重力补偿功能的平板音圈电机，包括一线圈单元和两个主磁极单元，两个所述主磁极单元对所述线圈单元施加安培力 T ，所述线圈单元包括弱磁性小磁铁 107、线圈 104 和绕线柱 105，所述两个主磁极单元对所述弱磁性小磁铁 107 作用合力为竖直向上，以实现所述线圈单元的重力补偿。

本实施例在线圈单元中设置了弱磁性磁铁 107，通过所述弱磁性磁铁 107 与主磁极单元之间的磁斥力或者磁吸力始终为线圈单元提供竖直向上的力，从而实现了重力的补偿，且该结构的设置仅仅是将线圈单元中的部分构件换做了弱磁性磁铁 107，既不会影响线圈单元中的线圈 104 所受到的安培力，也不会因结构的增加而产生增加电机发热这样的不利后果。提供一种能够实现动子的重力补偿的平板音圈电机。

请参考图 1，并结合图 3 至图 5，每个所述主磁极单元至少包括一对主磁极磁铁，分别被标注为 101a 和 102a 以及 101b 和 102b，所述主磁极磁铁 101a 和 101b 以及 102a 和 102b 距所述线圈单元的距离相等，所述两个主磁极单元

关于所述线圈单元对称。

两个所述主磁极单元中对称的主磁极磁铁的充磁方向相同，即本实施例中的主磁极磁铁 101a 与 101b 的充磁方向相同，主磁极磁铁 102a 与 102b 的充磁方向相同，同个所述主磁极单元内的一对主磁极磁铁的充磁方向相反，即本实施例中主磁极磁铁 101a 与主磁极磁铁 102a 的充磁方向相反，主磁极磁铁 101b 与主磁极磁铁 102b 的充磁方向相反。

在本实施例中，请参考图 1 和图 2，所述线圈单元和两个主磁极单元均沿竖直方向延伸，同一主磁极单元内的两个主磁极磁铁沿竖直方向排布，亦即图 1 中的主磁极磁铁 101a 与主磁极磁铁 102a 是沿竖直方向排布的，主磁极磁铁 101b 与主磁极磁铁 102b 是沿竖直方向排布的。

在本实施例中，请参考图 1，并结合图 4，所述两个主磁极单元形成横向的主磁场，即所述主磁极单元中的主磁极磁铁的充磁方向沿水平方向设置，切割所述主磁场的所述线圈单元的 2 部分通电导体为上下排布。

在本实施例中，请参考图 2，并结合图 1，位于所述弱磁性小磁铁 107 上方的两个所述主磁极磁铁 101a 与 101b 与所述弱磁性小磁铁 107 间的磁吸力 F_{101a} 与 F_{101b} 组合叠加以后对所述线圈单元施加了一个竖直向上的磁吸力；位于所述弱磁性小磁铁 107 下方的两个所述主磁极磁铁 102a 与 102b 与所述弱磁性小磁铁 107 间的磁斥力 F_{102a} 与 F_{102b} 组合叠加以后对所述线圈单元施加了一个竖直向上的磁斥力。

在本实施例中，两个所述主磁极单元对所述线圈单元施加竖直向上的安培力，所述弱磁性小磁铁 107 的充磁方向与位于上方的两个所述主磁极磁铁的充磁方向相同。请参考图 1 和图 2，主磁极磁铁 101a、101b、102a 和 102b 的充磁方向均沿水平方向设置，本实施例中主磁极磁铁 101a 与 101b 的充磁方向水平向左，主磁极磁铁 102a 与 102b 的充磁方向水平向右，所述弱磁性小磁铁 107 的充磁方向与位于上方的两个所述主磁极磁铁 101a 和 101b 的充磁方向相同。具体来说，参考图中的充磁方向可知，主磁极磁铁 101a、101b

和弱磁性小磁铁 107 的均为左端 N 极，右端 S 极，所以 N 极与 S 极之间会产生磁吸合力，该磁吸力的方向为如图 2 所示的斜向上，两个主磁极磁铁 101a 与 101b 之间的磁吸力在水平方向上的分量互相抵消，故而会对弱磁性小磁铁 107，亦即对线圈单元施加一个竖直向上的力。类似的道理，通过磁斥力的作用，主磁极磁铁 102a 与 102b 的充磁方向水平向右，会对弱磁性小磁铁 107 产生磁斥合力，亦即对线圈单元施加一个竖直向上的力。

请参考图 1，所述平板音圈电机还包括间隔磁铁 103 和背铁 106，所述间隔磁铁 103 和一对主磁极磁铁 101 与 102 均固定设在所述背铁 106 上，所述间隔磁铁 103 位于一对所述主磁极磁铁 101 与 102 之间。所述间隔磁铁 103 的充磁方向垂直于所述主磁极磁铁 101 和 102 的充磁方向。两个主磁极单元的所述间隔磁铁 103 的充磁方向相反，在本实施例中，即磁铁 103a 与 103b 的充磁方向相反。

请参考图 1，位于所述弱磁性小磁铁 107 的左侧的间隔磁铁 103a 的充磁方向与所述线圈单元被施加的安培力方向相反，即竖直向下，位于所述弱磁性小磁铁 107 的右侧的间隔磁铁 103b 的充磁方向与所述线圈单元被施加的安培力方向相同，即竖直向上。

所述弱磁性小磁铁 107 沿所述线圈单元所受安培力方向的长度大于所述弱性小磁铁 107 的沿两个对应的所述间隔磁铁 103 方向上的长度。具体到本实施例中，请着重参考图 1，安培力 T 的方向竖直向上，弱磁性小磁铁 107 在竖直方向上的长度大于所述弱性小磁铁 107 在水平方向上的长度。

请参考图 1，所述线圈单元还包括绕线柱 105 和线圈 104，所述弱磁性小磁铁 107 在所述绕线柱 105 内，所述线圈 104 绕设在所述线圈柱 105 上。所述绕线柱 105 平行于所述两个主磁极单元形成的主磁场方向，所述绕线柱垂直于两端的所述背铁 106。从而保证了所述线圈的电流流向满足如图 1 所示，进而产生竖直向上的安培力。

本领域技术人员可以理解的是，将图 1 中所有磁铁 101、102、103、107

的充磁方向都改为相反方向同样能使所述两个主磁极单元对所述弱磁性小磁铁 107 产生竖直向上的作用合力，实现所述线圈单元的重力补偿，因而也在本发明的保护范围之内。

实施例 2

请参考图 6 和图 7，并结合图 8 至图 10，本实施例与实施例 1 的差别主要在于：所述两个主磁极单元形成竖向的主磁场，切割所述主磁场的所述线圈单元的 2 部分通电导体为左右排布。所述弱磁性小磁铁 107 的充磁方向与所述线圈单元被施加的安培力方向相同。位于所述线圈单元上方的两个所述主磁极磁铁 101a 与 102a，对所述弱磁性小磁铁 107 施加竖直向上的磁吸力；位于所述线圈单元下方的两个所述主磁极磁铁 101b 和 102b 对所述弱磁性小磁铁 107 施加竖直向上的磁斥力。从而通过 S 极与 N 极之间的异性相吸的作用产生如图 7 所示的斜向上的 F102a 和 F101a，两个力在水平方向上的分量互相抵消，从而对弱磁性小磁铁 107 施加了竖直向上的力，亦即对所述线圈单元施加了竖直向上的力，由于线圈单元下方的主磁极磁铁 101b 与 102b 的充磁方向和上方的主磁极磁铁 101a 与 102a 是同向的，则必然会导致主磁极磁铁 101b 和 102b 的 N 极与 S 极与弱磁性小磁铁 107 的 N 极与 S 极靠近设置，通过同性相斥的作用就会产生如图 7 所示的 F102b 和 F101b，进而对弱磁性小磁铁 107 施加了竖直向上的力，亦即对所述线圈单元施加了竖直向上的力。

在本实施例中，所述平板音圈电机还包括间隔磁铁 103，所述间隔磁铁 103 位于一对所述主磁极磁铁 101 与 102 之间，下方的所述间隔磁铁 103b 的充磁方向与所述线圈单元被施加的安培力方向相同，上方的所述间隔磁铁 103a 的充磁方向与所述线圈单元被施加的安培力方向相反。

除此以外，其具体结构与实施例 1 是相似的，具体来说，其也设有背铁 106 和磁铁 103，其线圈单元的结构设置也是与实施例 1 一致的，具体可参考图 8 至图 10 示意性地表示出来。

本领域技术人员可以理解的是，将图 6 中所有磁铁 101、102、103、107

的充磁方向都改为相反方向同样能使所述两个主磁极单元对所述弱磁性小磁铁 107 产生竖直向上的作用合力，实现所述线圈单元的重力补偿，因而也在本发明的保护范围之内。。

实施例 3

请参考图 11 至图 14，本实施例与实施例 1 的区别仅仅在于本实施例中不设有磁铁 103，作用机理与实施例 1 是一致的，本实施例中的所述主磁极单元包括两个主磁极磁铁和背铁，所述主磁极磁铁固定设在所述背铁上一对所述主磁极磁铁之间设有间隔距离，所述弱磁性小磁铁沿所述线圈单元所受安培力方向的长度大于所述弱性小磁铁的沿两个对应的该两处间隔方向上的长度。除了该区别以外，其他包括主磁极单元的结构、线圈单元的结构以及各部件的排布方式均与实施例 1 中一致。

实施例 4

请参考图 15 至图 18，本实施例与实施例 2 相似，主磁极单元、线圈单元均是竖直方向设置，线圈单元的结构是相同的，主磁极单元的结构是类似的，作用机理也是一致的，其与实施例 2 的唯一的区别在于本实施例中的主磁极单元不设有磁铁 103。同时，其实实施例与实施例 3 也是相似的，其与实施例 3 的唯一区别仅仅在于主磁极单元和线圈单元的是沿水平方向设置的，除此之外的其他具体结构与实施例 3 是相似的，所以，其结构可参考图 16 至图 18 示意性地表示出来。

该改进方案是为了解决微动矢量电机垂向出力的音圈电机发热太大的问题。微动矢量电机由六个电机组成：三个水平向出力和三个垂向出力的音圈电机。电机负载设计质量是 20KG，分摊给三个垂向出力的平板音圈电机，因此每个音圈电机在无加速度的磁浮状态下需要出力 66N，每个电机持续发热近 50W(加速状态下更加恐怖)，这会对电机水冷结构造成很大压力。

音圈电机属单相短行程电机，但只具有一个自由度，需要垂向出力时(图 1)，电机线圈会因为负载重力产生相当一部分能耗，重力不变，所以该能耗不

变。如果加入了重力补偿，对于垂向出力的音圈电机只需要应付少量重力，大部分被磁铁之间的作用力补偿掉，当电机在有向上的加速度时，才需要通入更大的电流。这一改进可以为垂向出力的音圈电机减小约 90% 的能耗。

综上所述，本发明在线圈单元中设置了弱磁性磁铁，通过所述弱磁性磁铁与主磁极单元之间的磁斥力或者磁吸力始终为线圈单元提供竖直向上的力，从而实现了重力的补偿，且该结构的设置仅仅是将线圈单元中的部分构件换做了弱磁性磁铁，既不会影响线圈单元中的线圈所受到的安培力，也不会因结构的增加而产生增加电机发热这样的不利后果。提供一种能够实现动子的重力补偿的平板音圈电机。在实际应用中，由于弱磁性小磁铁本身较为脆弱，并且所需求的重力补偿力较小，因此弱磁性小磁铁要更小，更短。需要将弱磁性小磁铁嵌入绕线柱，以保证弱磁性小磁铁不破裂。

权利要求

1、一种平板音圈电机，包括线圈单元和两个主磁极单元，两个所述主磁极单元对所述线圈单元施加安培力，其特征在于：所述线圈单元内包括弱磁性小磁铁，所述两个主磁极单元对所述弱磁性小磁铁作用合力为竖直向上。

2、如权利要求1所述的平板音圈电机，其特征在于：每个所述主磁极单元至少包括一对主磁极磁铁，所述一对主磁极磁铁距所述线圈单元的距离相等，所述两个主磁极单元关于所述线圈单元对称。

3、如权利要求2所述的平板音圈电机，其特征在于：两个所述主磁极单元中对称的主磁极磁铁的充磁方向相同，同个所述主磁极单元内的一对主磁极磁铁的充磁方向相反。

4、如权利要求3所述的平板音圈电机，其特征在于：所述两个主磁极单元排布在所述线圈单元的左右两侧形成横向的主磁场，所述线圈单元包括2个切割所述主磁场的通电导体部分，且所述2个通电导体部分为上下排布。

5、如权利要求4所述的平板音圈电机，其特征在于：两个所述主磁极单元对所述线圈单元施加竖直向上的安培力，所述弱磁性小磁铁的充磁方向与位于其上方的两个所述主磁极磁铁的充磁方向相同。

6、如权利要求5所述的平板音圈电机，其特征在于：位于所述弱磁性小磁铁上方的两个所述主磁极磁铁，对所述弱磁性小磁铁施加竖直向上的磁吸合力；位于下方的两个所述主磁极磁铁，对所述弱磁性小磁铁施加竖直向上的磁斥合力。

7、如权利要求3所述的平板音圈电机，其特征在于：所述两个主磁极单元排布在所述线圈单元的上下两侧形成竖向的主磁场，所述线圈单元包括2个切割所述主磁场的通电导体部分，且所述2个通电导体部分为左右排布。

8、如权利要求7所述的平板音圈电机，其特征在于：所述弱磁性小磁铁的充磁方向与所述线圈单元被施加的安培力方向相同。

9、如权利要求8所述的平板音圈电机，其特征在于：位于所述弱磁性小

磁铁上方的两个所述主磁极磁铁，对所述弱磁性小磁铁施加竖直向上的磁吸合力；位于其下方的两个所述主磁极磁铁，对所述弱磁性小磁铁施加竖直向上的磁斥合力。

10、如权利要求 1 所述的平板音圈电机，其特征在于：还包括间隔磁铁和背铁，所述间隔磁铁位于一对所述主磁极磁铁之间，所述间隔磁铁和一对主磁极磁铁均固定设在所述背铁上。

11、如权利要求 4 所述的平板音圈电机，其特征在于：还包括间隔磁铁，所述间隔磁铁位于一对所述主磁极磁铁之间，左侧的所述间隔磁铁的充磁方向与所述线圈单元被施加的安培力方向相反，右侧的所述间隔磁铁的充磁方向与所述线圈单元被施加的安培力方向相同。

12、如权利要求 7 所述的平板音圈电机，其特征在于：还包括间隔磁铁，所述间隔磁铁位于一对所述主磁极磁铁之间，下方的所述间隔磁铁的充磁方向与所述线圈单元被施加的安培力方向相同，上方的所述间隔磁铁的充磁方向与所述线圈单元被施加的安培力方向相反。

13、如权利要求 4 或 7 所述的平板音圈电机，其特征在于：所述弱磁性小磁铁在所述线圈单元中 2 个切割所述主磁场的所述通电导体部分之间的方向上的长度小于所述弱磁性小磁铁与主磁极磁铁平行方向上的长度。

14、如权利要求 1 所述的平板音圈电机，其特征在于：所述线圈单元还包括绕线柱和线圈，所述弱磁性小磁铁在所述绕线柱内，所述线圈绕设在所述线圈柱外。

15、如权利要求 14 所述的平板音圈电机，其特征在于：还包括背铁，所述一对主磁极磁铁固定设在所述背铁上，所述绕线柱所在的所述线圈的绕制轴线平行于所述两个主磁极单元形成的主磁场方向，所述绕线柱所在的所述线圈的绕制轴线垂直于两端的所述背铁。