

哈尔滨克磁阵列及采用其的磁悬浮减震设备

技术领域

本发明涉及半导体制造领域，尤其涉及一种光刻机用的高精密磁悬浮主动减震设备。

背景技术

光刻机主要由光源（目前主流光刻机采用波长 193nm 的 ArF 深紫外（DUV）准分子激光）、光学照明系统、投影镜头、承载掩模的掩模台、承载硅晶片的工件台、减震设备等构成。其要求许多重要部件如测量系统、曝光系统、零位传感器、对准传感器、光强能量传感器等设备的振动干扰尽可能小，使得重要的模块处于“安静”环境中。由于振动的干扰会传递给测量框架，使得测量框架产生不必要的运动，进而干扰工件台掩模台的测量系统，最终影响工件台掩模台和镜面误差，导致套刻误差和特征线宽误差加大，因此，减震器是保证实现集成电路制造性能的关键设备之一，通常采用减震装置将光刻机内部重要部件与基础框架等其他结构的外部世界独立开来形成独立的内部世界。

光刻机减震装置早期采用橡胶阻尼减震，80 年代初随着空气弹簧减震理论的成熟，光刻机减震装置开始采用基于空气弹簧的被动减震技术。当前主流光刻机减震装置以基于空气弹簧的主动减震方式为主，主要采用有源控制器的主动控制策略，通过速度传感器（Geophones 传感器）实现速度测量进行阻尼反馈补偿，通过位置传感器测量隔振平台的实时位置，利用音圈电机实现高带宽响应补偿，从而实现隔振平台的精密定位补偿能力。承载隔振平台的重力补偿部分，则采用气动控制阀实时补偿气囊中压缩空气的气压，从而实现减震器的大负载承载能力和有效的气动隔振减震。

光刻机设备内部减震器典型布局方式常采用三组减震器，每组减震器上

配置一个垂向补偿电机和一个水平向补偿电机，同时配置一个垂向测量传感器和水平向测量传感器，从而实现隔振平台 6 自由度的减震隔振和位置悬浮定位。

减震器的研究目标即实现高承载力、低刚度、低共振频率、高衰减率，从而实现较低的振动传递率，使得外部扰动对内部世界的影响最小化。但随着光刻机分辨率的不断提高，对光刻机的特征线宽指标要求也在不断提升，随着光刻机产率的增加，光刻机设备内部的工件台和掩模台的运动速度、加速度不断增大，光刻机内部各模块系统越来越复杂，整机重量从 2 吨~14 吨不等，TFT 光刻机甚至达到了 40 吨，因此，光刻机对“安静”环境的减震性能要求更加苛刻。为此针对减震装置必须实现大负载承载能力，同时业内还提出了“负刚度”技术概念，国外一些研究者基于磁浮轴承技术提出了一些新型减震方案。

2003 年，德国 IDE (Integrated Dynamics Engineering) 公司提出一种具有负刚度的磁浮减震装置专利申请 (美国专利号为 US7290642)，该专利首次提出采用三个永磁磁极，相邻两个磁极之间采用磁吸力悬浮方式实现减震台的双向刚度设计的减震装置，如图 1 所示。

2009 年荷兰埃因霍芬大学 (TU/e) 的 Lomonova 教授提出一种基于永磁阵列悬浮的被动减震装置。该装置采用双层磁阵列结构，每层磁路结构均采用二维 NS 磁阵列拓扑结构。其中，上面两层磁铁阵列利用磁吸力悬浮方式对减震平台框架实现向上拉升的力量，下面两层磁铁阵列利用磁斥力悬浮方式对减震平台框架实现向上抬升的力量。该悬浮装置能够实现数千公斤的负载重力补偿，垂向负载的弹簧刚度达到几十牛顿每毫米，进而实现较低的共振频率。

这种被动磁浮减震装置与传统气浮减震装置技术无疑有巨大的进步，但它在永磁体的等磁能积条件下的磁悬浮有效利用仍然存在不足，并且存在较大的磁泄露，对光刻机应用环境产生诸多不利影响。

发明内容

本发明要解决的技术问题是提供一种在等磁能积情况下实现更大的负载能力，并且单边磁场特性最大化利用磁能积的高精密磁悬浮主动减震设备。

为了解决这一技术问题，本发明提供了一种哈尔贝克磁阵列，包括沿所述哈尔贝克磁阵列的一宽度方向交替排布的第一磁单元与第二磁单元，其中：每个第一磁单元包括沿所述哈尔贝克磁阵列的一长度方向交替排布的第一磁铁组与第一磁柱，每个第一磁铁组包括四个第一磁条排列成2*2阵列；每个第二磁单元包括沿所述长度方向交替排布的第二磁柱与第二磁铁组，每个第二磁铁组包括四个第二磁条排列成2*2阵列；每个所述第一磁柱的充磁方向为沿所述哈尔贝克磁阵列的一高度方向，每个所述第二磁柱的充磁方向为沿所述高度方向的一反方向。

所述第一和第二磁铁组中的每个磁条的充磁方向为沿体对角线，同一磁铁组中的四个磁条的充磁方向在所述高度方向上的分量方向一致，且在由所述宽度和长度方向构成的平面内的分量方向各不相同。

每个所述第一磁铁组中的四个磁条的充磁方向与每个所述第二磁铁组中的四个磁条的充磁方向相反。

每个第一磁条的充磁方向与所述宽度和长度方向构成的平面的夹角范围为30至60度；每个第二磁条的充磁方向与所述宽度和长度方向构成的平面的夹角范围为30至60度。

每个所述第一磁柱与第二磁柱的截面形状为矩形、圆形等规则形状。

本发明还提供了一种磁浮减震器，包括一对如上所述的哈尔贝克磁阵列沿高度方向堆叠以在高度方向上产生磁力，其中，所述一对哈尔贝克磁阵列中的一第一阵列的各所述磁柱与所述一对哈尔贝克磁阵列中的一第二阵列的各所述磁柱对齐。

所述第一阵列中的磁柱的充磁方向与所述第二阵列中对应位置的磁柱的

充磁方向相同。

所述第一阵列中的磁柱的充磁方向与所述第二阵列中对应位置的磁柱的充磁方向相反。

所述的磁浮减震器还包括：第二对如前所述的哈尔贝克磁阵列固定设置于所述一对哈尔贝克磁阵列的一侧以在所述一对哈尔贝克磁阵列的长度方向上产生磁力；以及第三对如前所述的哈尔贝克磁阵列固定设置于所述一对哈尔贝克磁阵列的另一侧以在所述一对哈尔贝克磁阵列的宽度方向上产生磁力。

所述磁力为磁吸力或磁斥力。

本发明提出一种基于平面哈尔贝克（Halbach）磁阵列的高精密磁悬浮主动减震设备，由于哈尔贝克（Halbach）磁阵列的单边磁密为传统 NS 阵列的 $\sqrt{2}$ 倍，在等磁能积情况下实现更大的负载能力，并且单边磁场特性最大化利用磁能积，同时有效减小了 NS 阵列的磁场泄露的干扰问题。

附图说明

图 1 是现有技术提供的减震设备的结构示意图；

图 2 是本发明提供的高精密磁悬浮主动减震设备的结构示意图；

图 3 是本发明实施例 1 提供的磁浮减震器的结构示意图；

图 4 是本发明实施例 1 提供的磁浮减震器的另一结构示意图；

图 5 是图 4 所示的磁浮减震器的另一结构示意图；

图 6 是本发明实施例 1 提供的磁铁组的结构示意图

图 7 是采用本发明实施例 1 提供的高精密磁悬浮主动减震设备的悬浮高度从-1.5 至 0 毫米的磁悬浮负载变化曲线；

图 8 是采用本发明实施例 1 提供的高精密磁悬浮主动减震设备的悬浮刚度变化曲线；

图 9 是采用本发明实施例 1 提供的高精密磁悬浮主动减震设备的悬浮共

振频率变化曲线;

图 10 是本发明实施例 2 提供的磁浮减震器的结构示意图;

图 11 是本发明实施例 3 提供的磁浮减震器的结构示意图;

图 12 和图 13 是本发明实施例 4 提供的磁浮减震器的结构示意图。

具体实施方式

以下将结合图 2 至图 13, 通过 4 个实施例对本发明提供的高精密磁悬浮主动减震设备进行详细的描述, 其均为本发明可选的实施例, 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

本发明的哈尔贝克磁阵列可应用于各种高精密磁悬浮减震设备中, 以光刻机为例, 请参考图 2, 本实施例提供了一种采用哈尔贝克磁阵列的高精密磁悬浮主动减震设备, 用以实现工件台的减震, 所述高精密磁悬浮主动减震设备包括磁浮减震器、减震框架、测量模块、执行模块和控制器系统, 所述工件台位于所述减震框架上, 所述减震框架通过所述磁浮减震器实现支撑和悬浮减震, 所述磁浮减震器至少包括两层哈尔贝克 (Halbach) 磁阵列, 且通过所述两层哈尔贝克 (Halbach) 磁阵列实现所述减震框架的支撑和悬浮减震, 所述测量模块和执行模块均与所述减震框架固定连接, 所述控制器系统分别与所述测量模块和执行模块连接。

本实施例提出一种基于平面哈尔贝克 (Halbach) 磁阵列的高精密磁悬浮主动减震设备, 由于哈尔贝克 (Halbach) 的单边磁密为传统 NS 阵列的 $\sqrt{2}$ 倍, 在等磁能积情况下实现更大的负载能力, 并且单边磁场特性最大化利用磁能积, 同时有效减小了 NS 阵列的磁场泄露的干扰问题。此外, 本发明还利用测量模块、执行模块和控制器模块形成三环控制, 对减震框架实现了动态的补偿。

所述控制器系统采集所述测量模块的信息，并根据所采集到的信息控制所述执行模块实现所述减震框架位置的动态补偿。所述测量模块包括位置传感器与加速度传感器，均与所述减震框架固定连接，用以检测所述减震框架上对应位置点的水平向、垂直向的位置和运动加速度。所述执行模块包括水平向音圈电机与垂向音圈电机，分别用于实现所述减震框架水平向三个自由度和竖直向三个自由度位置的动态补偿。

具体来说，在本实施例中所述高精密磁悬浮主动减震设备包括减震框架，由四套磁浮减震器（至少可以有3套）支撑和减震，减震框架设有用于兼容和支持光刻机工件台的接口，工件台安装在减震框架的上方；

所述减震设备还包括：

测量模块：每套磁浮减震器配置一个位置传感器和一个加速度传感器，分别用于测量其安装位置点的水平向和垂向位置、加速度；

执行器模块：每套磁浮减震器配置一个水平向音圈电机和一个垂向音圈电机，分别用于实现所述减震框架水平向三自由度和垂向三自由度的补偿；

控制器系统：包括控制板卡、控制机箱、功率放大器、测量调理板卡、接口连线等。

工作时，由于磁力线回路会根据上下两层哈尔贝克磁阵列的平面空间结构不同导致磁通密度及其均匀性不同，所以首先对不同结构的减震器进行磁场解析，考虑磁阵列的磁能积特性、磁隙（悬浮高度）、负载、减震刚度、共振频率、磁通面积和尺寸等约束条件，确定磁浮减震器的结构和尺寸参数。同时由于在光刻机中对磁泄露要求极高，所以在进行结构设计和磁路解析时要考虑磁浮减震器的边沿磁场问题。隔振负载、悬浮高度、减震结构和尺寸参数确定之后，下一步建立静态磁斥力方程，分析磁通、磁隙、平面磁阵列尺寸变化对磁斥力和负载重力的影响，获得如下磁悬浮减震装置参数和信息：

- (1)平面磁阵列的各个关键尺寸参数；
- (2)额定负载下，磁斥力与悬浮高度之间的关系；

(3)建立悬浮刚度和负载之间的关系;

(4)建立减震器动刚度与扰动之间的关系。

本发明的减震设备采用三环控制:

(1)位置环,通过多个位置传感器测得每个磁浮减震器上的相对位置变化量,经过传感器矩阵将物理轴位置变换为逻辑轴位置,再经过控制器系统调理后再经过执行器矩阵变换为每个物理执行器上的力输出电流信号,该电流信号经 D/A 变换和 PA 功放输入到水平向音圈电机与垂向音圈电机实现位置的动态补偿。

(2)惯性反馈环路,通过多个加速度传感器测得减震框架上的加速度信号,通过整形调理滤波和 A/D 变换后转换为逻辑轴上的加速度,在经过控制器补偿器调理加入到位置环路中。

(3)前馈环路,由于光刻机中工件台与掩模台的运动反力会影响磁浮减震器性能,或工件台掩模台的运动导致减震框架的整体质心发生变化,需要将减震框架的运动位置通过前馈的方式由磁浮减震器来进行质心补偿。

请参考图 3,所述两层哈尔贝克磁阵列分别为第一层平面磁阵列结构 502 和第二层平面磁阵列结构 503,所述第一层平面磁阵列结构 502 与所述减震框架固定连接,所述第二层平面磁阵列结构 503 与地基或者定子部分(可以是地基支撑的一部分,或者其他的支撑部件)固定连接,所述第一层平面磁阵列结构 502 与所述第二层平面磁阵列结构 503 通过两者间的磁斥力或磁吸力实现所述减震框架的支撑和悬浮减震。所述第一层平面磁阵列结构 502 与所述第二层平面磁阵列结构 503 分别通过两个背铁 501 与 504 与所述减震框架和地基或者定子部分固定连接。第一层平面磁阵列结构 502 和第二层平面磁阵列结构 503 均平行于所述减震框架所在平面设置。通常,该平面即为水平面。所述背铁 501 在第一层平面磁阵列结构 502 沿着第三方向向上叠层,所述背铁 504 在第二层平面磁阵列结构 503 沿着第三方向向下叠层。所述背铁 501 和 504 的厚度尺寸特征在 2mm 到 20mm 之间,由高导磁材料组成。

所述第一层平面磁阵列结构 502 和所述第二层平面磁阵列结构 503 均由第一磁单元与第二磁单元沿第二方向交替排布形成。所述第一磁单元由磁铁组与磁柱沿第一方向交替排布形成，所述第二磁单元由磁柱与磁铁组沿第一方向交替排布形成，且所述第一磁单元中的磁铁组与磁柱沿第二方向分别与所述第二磁单元中的磁柱与磁铁组对应连接设置，所述磁铁组与所述磁柱的尺寸相匹配，所述第一方向与第二方向互相垂直，且均位于水平面，所述磁铁组由四个尺寸相同的磁条呈 2*2 阵列形式紧密排布形成。本实施例中，磁条的端面为正方形，且体对角线与水平面的夹角范围为 30 至 60 度。

在本实施例中，第一层平面磁阵列结构 502 和第二层平面磁阵列结构 503 采用类哈尔贝克磁阵列拓扑结构，每层磁钢阵列都是由磁单元在第一方向和第二方向延展形成。第一方向可以定义为水平 X 方向，第二方向可以定义为水平 Y 方向，第三方向定义为垂直 Z 方向，此即为竖直方向。本实施例中的第一层平面磁阵列结构 502 和第二层平面磁阵列结构 503 采用反向磁分布阵列。

具体来说，请参考图 3，在第一层平面磁阵列结构中的第一磁单元中，磁铁组 505 与磁柱 506 沿 X 向交替排布，图中的磁铁组 505 (2) 与磁铁组 505 (1) 是相同的磁铁组，磁柱 506 (1) 与磁柱 506 (2) 是相同的磁柱，具体实施例中交替排布的磁铁组 505 与磁柱 506 不仅限于 2 个，可以理解为沿 X 轴方向可以继续交替排布，从而形成第一磁单元。在第一层平面磁阵列结构中的第二磁单元中，磁柱 510 与磁铁组 511 沿 X 向交替排布，图中的磁铁组 511 (2) 与磁铁组 511 (1) 是相同的磁铁组，磁柱 510 (1) 与磁柱 510 (2) 是相同的磁柱，具体实施例中交替排布的磁铁组 511 与磁柱 510 可以不仅限于 2 个，可以理解为沿 X 轴方向可以继续交替排布，从而形成第二磁单元，第二磁单元中的磁铁组 511 沿 Y 向与磁柱 506 对应，第二磁单元中的磁柱 510 沿 Y 向与磁铁组 505 对应。第一磁单元与第二磁单元沿 Y 向交替排布，从而形成第一层平面磁阵列结构。

在第二层平面磁阵列结构 503 中，第一磁单元以及其中的磁柱 508 和磁铁组 507 与第一层平面磁阵列结构 502 中的第一磁单元一一对应，第二磁单元以及其中的磁柱 509 和磁铁组 512 也与第一层平面磁阵列结构 502 中的第二磁单元一一对应。

在本实施例中，请参考图 4，并结合图 3，现仅举第一层平面磁阵列结构为例，所述第一磁单元和第二磁单元中的磁柱的充磁方向竖直向下设置，即图中的磁柱 601（亦即图 3 中的 506）的充磁方向均是竖直向下设置的，所述第一磁单元中的磁条的充磁方向均沿体对角面斜向下设置，即图中的磁铁组 600（亦即图 3 中的 505）中的磁条均沿体对角面斜向下设置，具体的情形可参见图 6 的中磁铁组 600，图 4 和图 5 中仅标示了磁铁组中磁条的充磁方向在水平面的分量，所述第二磁单元中的磁柱与磁条的充磁方向分别与所述第一磁单元中的磁柱与磁条的充磁方向相反，即图 4 中的磁柱 602 与磁柱 601 的充磁方向相反，磁铁组 603 中的磁条的充磁方向与磁铁组 600 中的磁条的充磁方向相反，其具体的方向也可参见图 6 的中磁铁组 600 与 603 的对比情形。

请参考图 6，同一磁铁组内的四个磁条的充磁方向在水平面上的方向分量分别指向四个不同的方向，由于磁条的充磁方向是沿体对角面设置的，所以其在水平面上的方向分量必然是沿端面的对角线方向，由端面的两条对角线即可得到四种方向，同一磁铁组内的四个磁条在水平面的方向分量分别指向这四个方向。只需满足这一条件即可认为其符合本专利的精神和内容，而四种方向的具体分布是不需要特别设置的，如图 4 或图 5 所示的分布方式仅是其中的一种。

在本实施例中，所述第一层平面磁阵列结构中的磁柱和磁条的充磁方向分别与所述第二层平面磁阵列结构中对应位置的磁柱和磁条的充磁方向相同，故而两层平面磁阵列结构之间能够产生磁斥力。

请参考图 4，本实施例中，所述的第一磁单元和第二磁单元沿着第一方向

的周期长度为 λ ，所述的第一磁单元的第一磁铁组 600 宽度为 $\frac{\lambda}{8}$ 至 $\frac{\lambda}{4}$ ，所述的第一磁单元的第二磁柱 601 的宽度为 $\frac{\lambda}{4}$ 至 $\frac{3\lambda}{8}$ ；所述的第二磁单元的第一磁铁组 603 宽度为 $\frac{\lambda}{8}$ 至 $\frac{\lambda}{4}$ ，所述的第一磁单元的第二磁柱 602 的宽度为 $\frac{\lambda}{4}$ 至 $\frac{3\lambda}{8}$ 。图 4 中所示的各磁铁组和磁柱的宽度都为 $\frac{\lambda}{4}$ ，且磁柱的截面形状为正方形，然而本发明不局限于此，各磁柱的截面形状也可以为矩形或圆形等规则形状。图 5 示出了磁铁组的宽度为 $\frac{\lambda}{8}$ ，磁柱的宽度为 $\frac{3\lambda}{8}$ 的情况，此时，磁柱的截面形状为矩形。

实施图 4 所示实施例中的高精密磁悬浮主动减震设备时，经仿真计算可以得到如下的参数：磁密参数为 1.24T，所述的第一磁单元和第二磁单元沿着第一方向的周期长度 λ 为 40mm，第一磁铁组 600 和 603、第二磁柱 601 和 602 均按照 $\frac{\lambda}{4}$ 给定。仿真得到的数据表明在第一层平面磁阵列和第二层平面磁阵列之间产生了远超过单个磁体表面磁密的磁场强度。

图 7 给出了在设定参数条件下第一层平面磁阵列和第二层平面磁阵列之间的悬浮高度从 0 至 1.5 毫米变化时可支持的磁悬浮负载变化曲线，该参数条件下的负载可实现 8.60 千牛至 10.38 千牛的承载能力。对应的悬浮刚度变化由图 8 给出，平均悬浮刚度为 1.13E6N/m。对应的悬浮共振频率由图 9 给出，承载的负载从 8.6KN 至 10.3KN 变化时，共振频率稳定在 5~6Hz。为隔振平台提供了一个较低的共振频率。

实施例 2

本实施例与实施例 1 的主要区别在于：请参考图 10，其中上层为第一层平面磁阵列结构，下层为第二层平面磁阵列结构，所述第一层平面磁阵列结构中的磁柱和磁条的充磁方向分别与所述第二层平面磁阵列结构中对应位置

的磁柱和磁条的充磁方向相反，利用磁吸力实现悬浮减震。而两层平面磁阵列的具体结构设置、测量模块、执行器模块和控制器模块均可参考图 2 得到，且与实施例 1 类似。

实施本实施例中的高精度磁悬浮主动减震设备时，经仿真计算可以得到如下的参数：磁密参数为 1.24T，所述的第一磁单元和第二磁单元沿着第一方向的周期长度 λ 为 40mm，第一磁铁组、第二磁柱均按照 $\lambda/4$ 给定。仿真得到的数据表明在第一层平面磁阵列和第二层平面磁阵列之间产生了远超过单个磁体表面磁密的磁场强度。

实施例 3

本实施例在实施例 1 的基础上做了改进，具体来说，参考图 11，所述第一层平面磁阵列结构的两个相邻的边缘外侧固定设有第一方向第一磁阵列 803 和第二方向第一磁阵列 801，所述第二层平面磁阵列结构对应位置的边缘外侧设有第一方向第二磁阵列 804 和第二方向第二磁阵列 802，所述第一方向第一磁阵列 803 与所述第一方向第二磁阵列 804 仅沿第一方向上产生磁吸力或磁斥力，所述第二方向第二磁阵列 802 与所述第二方向第一磁阵列 801 仅沿第二方向上产生磁吸力或磁斥力。其中，磁阵列 801-804 和磁阵列 800 的结构是相同的，仅仅是放置的方向不同而已。本实施例中第一方向定义为 X 向，第二方向定义为 Y 向，该磁吸力或磁斥力使得减震框架与外部世界实现水平方向的振动隔离。

在本实施例中，所述第二层平面磁阵列结构通过一个背铁与地基或者定子部分固定连接，所述第一方向第二磁阵列和第二方向第二磁阵列固定设在背铁上。进而能够产生空间，实现水平方向的振动隔离。

实施例 4

请参考图 12 和图 13, 第一层平面磁阵列结构 901 和第二层平面磁阵列结构 902 均相对于所述减震框架所在平面倾斜设置。所述第一层平面磁阵列结构安装于所述减震框架上, 所述的第一层平面磁阵列结构包括 901 (1)、901 (2)、901 (3)、901 (4)。所述第二层平面磁阵列结构安装于定子或地基上, 所述的第二层平面磁阵列结构包括 902 (1)、902 (2)、902 (3)、902 (4)。本实施例可以认为其是依据实施例 1 做出的改进, 在实施例 1 中, 两层平面磁阵列结构与所述减震框架平行设置, 可视作均为沿水平面设置, 而本实施例可以认为是将实施例 1 中的两层平面磁阵列结构倾斜设置, 使之倾斜后再分别与减震框架与定子或地基固定连接。本实施例中的高精密磁悬浮主动减震设备亦可参照图 2 而近似得到, 其差别仅仅是磁浮减震器与其他部件的连接方式存在区别, 其磁浮减震器的内部结构亦可参照实施例 1 至 3 得到。

请参考图 13, X 向、Y 向位于水平面, 亦即实施例 1 中的第一方向和第二方向, Z 向为竖直方向。本实施例中, 每组磁浮减震器呈斜向放置于减震框架的 4 个角上。每组磁浮减震器与 X 方向有一小于 90 度的夹角, 每组减震减震器与 Y 方向有一小于 90 度的夹角。上下两层平面磁阵列结构产生的悬浮力 F_z 与第一层平面磁阵列结构 901 的上表面相互正交, 所述的悬浮力 F_z 的方向与 X 方向有一小于 90 度的夹角, 所述的悬浮力 F_z 的方向与 Y 方向有一小于 90 度的夹角, 所述的悬浮力 F_z 的方向与 Z 方向有一小于 90 度的夹角。

综上所述, 在诸实施例中, 本发明提出双层磁阵列构建的减震结构, 每层可以采用同向磁分布阵列构建磁吸力悬浮减震架构, 每层还可以采用反向磁分布阵列构建磁斥力悬浮减震架构。本发明提出采用磁吸力阵列或磁斥力阵列构建水平辅助隔离装置。本发明采用音圈电机作为减震框架的精密补偿控制的开环前馈驱动机构, 可以精密补偿减震框架的位置, 还可以实现光刻机内部工件台掩模台运动引起的质心位置漂移补偿。本发明还采用加速度传感器、速度传感器、位置传感器作为光刻机减震平台精密控制补偿的测量装置来实现各个自由度的刚度、阻尼补偿。

本实施例提出一种基于平面哈尔贝克（Halbach）磁阵列的高精密磁悬浮主动减震设备，还具有如下的好处：

（1）小体积、大负载，满足纳米精度的光刻机设备大负载、低刚度和高精度定位的需求；

（2）巧妙利用哈尔贝克（Halbach）磁阵列的单边磁密为传统 NS 阵列的倍的优势，在等磁能积情况下实现更大的负载能力；

（3）单边磁场特性最大化利用磁能积，同时有效减小磁场泄露的干扰；

（4）音圈电机作为开环前馈驱动机构精密补偿减震框架的位置，还可以实现光刻机内部工件台掩模台运动引起的质心位置漂移补偿。

权利要求

1. 一种哈尔贝克磁阵列，包括沿所述哈尔贝克磁阵列的一宽度方向交替排布的第一磁单元与第二磁单元，其中：

每个第一磁单元包括沿所述哈尔贝克磁阵列的一长度方向交替排布的第一磁铁组与第一磁柱，每个第一磁铁组包括排列成 2*2 阵列的四个第一磁条；

每个第二磁单元包括沿所述长度方向交替排布的第二磁柱与第二磁铁组，每个第二磁铁组包括排列成 2*2 阵列的四个第二磁条；

每个所述第一磁柱的充磁方向为沿所述哈尔贝克磁阵列的一高度方向，每个所述第二磁柱的充磁方向为沿所述高度方向的一反方向。

2、如权利要求 1 所述的哈尔贝克磁阵列，其特征在于：所述第一和第二磁铁组中的每个磁条的充磁方向为沿体对角线，同一磁铁组中的四个磁条的充磁方向在所述高度方向上的分量方向一致，且在由所述宽度和长度方向构成的平面内的分量方向各不相同。

3、如权利要求 2 所述的哈尔贝克磁阵列，其特征在于：每个所述第一磁铁组中的四个磁条的充磁方向与每个所述第二磁铁组中的四个磁条的充磁方向相反。

4、如权利要求 3 所述的哈尔贝克磁阵列，其特征在于：每个第一磁条的充磁方向与所述宽度和长度方向构成的平面的夹角范围为 30 至 60 度；每个第二磁条的充磁方向与所述宽度和长度方向构成的平面的夹角范围为 30 至 60 度。

5、如权利要求 1 所述的哈尔贝克磁阵列，其特征在于，每个所述第一磁柱与第二磁柱的截面形状为矩形、圆形等规则形状。

6、一种磁浮减震器，包括一对如权利要求 1-5 中任一项所述的哈尔贝克磁阵列沿高度方向堆叠以在高度方向上产生磁力，其中，所述一对哈尔贝克磁阵列中的一第一阵列的各所述磁柱与所述一对哈尔贝克磁阵列中的一第二

阵列的各所述磁柱对齐。

7、如权利要求 6 所述的磁浮减震器，其特征在于：所述第一阵列中的磁柱的充磁方向与所述第二阵列中对应位置的磁柱的充磁方向相同。

8、如权利要求 6 所述的磁浮减震器，其特征在于：所述第一阵列中的磁柱的充磁方向与所述第二阵列中对应位置的磁柱的充磁方向相反。

9、如权利要求 6 所述的磁浮减震器，其特征在于，还包括：

第二对如权利要求 1-5 中任一项所述的哈尔贝克磁阵列固定设置于所述一对哈尔贝克磁阵列的一侧以在所述一对哈尔贝克磁阵列的长度方向上产生磁力；以及

第三对如权利要求 1-5 中任一项所述的哈尔贝克磁阵列固定设置于所述一对哈尔贝克磁阵列的另一侧以在所述一对哈尔贝克磁阵列的宽度方向上产生磁力。

10、如权利要求 9 所述的磁浮减震器，其特征在于，所述磁力为磁吸力或磁斥力。