

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[ 51 ] Int. Cl<sup>7</sup>

G03F 7/20

G03F 7/00 H01L 21/027

H01L 21/68



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03133021.5

[43] 公开日 2004 年 3 月 3 日

[11] 公开号 CN 1479174A

[22] 申请日 2003.6.5 [21] 申请号 03133021.5

[30] 优先权

[32] 2002. 6. 7 [33] EP [31] 02253970.4

[71] 申请人 ASML 荷兰有限公司

地址 荷兰维尔德霍芬

[72] 发明人 H·H·M·科克斯

R·N·J·范巴勒戈伊

P·M·H·沃斯特斯

S·A·J·霍尔

S·M·J·科尔内利森

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

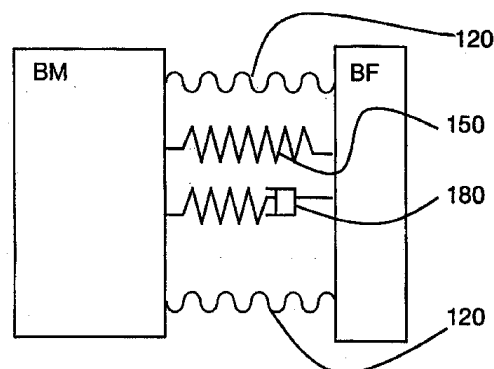
代理人 章社杲

权利要求书 3 页 说明书 15 页 附图 10 页

[54] 发明名称 光刻装置及器件制造方法

[57] 摘要

一种光刻投射装置，其中在平衡质量 BM 与基底台 WT 之间产生反作用力。平衡质量 BM 弹性连接到底座 BF 上，并且平衡质量具有的弹簧本征频率在 0.3 至 10Hz 之间。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

1. 一种光刻投射装置，包括：  
辐射系统，用于产生辐射的投射束；
- 5 承载结构，用于支撑构图装置，该构图装置用于根据所需图案对所述投射束构图；  
基底台，用于保持一基底；  
投射系统，用于将所述带图案的投射束投射到所述基底的靶部上；  
底座；
- 10 平衡质量；和  
定位执行机构，连接在所述基底台或所述承载结构与所述平衡质量之间，用于在所述平衡质量与所述基底台或所述承载结构之间产生反作用力，从而将所述基底台或所述承载结构相对于所述投射系统进行定位，  
其特征在于：所述平衡质量借助于一弹性耦合器耦合在所述底座上，并且
- 15 所述平衡质量的弹簧本征频率为 0.3 至 10Hz，以使所述反作用力中只有一部分施加到所述底座上。
  2. 依照权利要求 1 的装置，其特征在于：该平衡质量借助于一轴承被所述基座支撑。
  3. 依照权利要求 1 或 2 的装置，该装置被如此构造和设置，使得在定位所
  - 20 述基底台或所述承载结构的运动过程中，所述基底台或所述承载结构与所述平衡质量的合成重心的位置相对于所述底座也会改变。
  4. 依照权利要求 1 至 3 中一项的装置，还包括平衡质量执行机构，用于控制所述平衡质量的位置。
  5. 依照权利要求 4 的装置，其中所述平衡质量执行机构平行于所述弹性耦
  - 25 合器设置，并且该平衡质量借助于所述平衡质量执行机构连接到所述底座上。
  6. 依照权利要求 1 至 3 中一项的装置，还包括弹簧-阻尼器系统，其与所述弹性耦合器平行设置，并且所述平衡质量借助于所述弹簧-阻尼器系统连接到所述底座上。
  7. 依照权利要求 6 的装置，其中所述弹簧-阻尼器系统包括至少一个具有
  - 30 弹簧特性的元件，其与至少一个具有阻尼器特性的元件以串联方式连接。

8. 依照权利要求7的装置，其中所述弹簧-阻尼器系统包括涡流阻尼器。
9. 依照权利要求4或5的装置，其中在使用过程中，由所述弹性耦合器引起的所述平衡质量的振动被所述平衡质量执行机构有效地阻尼。
10. 依照权利要求1至9中任一项的装置，其中在使用过程中，由所述弹性耦合器引起的所述平衡质量的振动由一个阻尼器来阻尼，该阻尼器具有的阻尼系数 $b$ 在0.5至1.0之间，优选是0.65至0.75。
11. 依照权利要求10的装置，其中所述阻尼器与所述弹性耦合器平行设置，并且平衡质量借助于所述阻尼器耦合到所述底座上。
12. 依照权利要求9至11中任一项的装置，其中对所述平衡质量起阻尼作用的是阻尼器，其阻尼系数 $b$ 是频率的函数。
13. 依照权利要求4、5或9中任一项的装置，还包括控制器，用于控制所述平衡质量执行机构以及周期性地使用定位控制环，来大体阻止所述平衡质量的漂移，其中所述平衡质量的漂移是由于所述基底台或所述承载结构的往复运动产生的。
14. 依照前述权利要求中任一项的装置，其中具有频率低于3至10Hz的所述反作用力中的50至100%被施加到所述弹性耦合器上，并且该弹性耦合器位于所述底座上。
15. 依照前述权利要求中任一项的装置，其中在所述平衡质量与所述底座之间延伸有波纹管。
16. 依照前述权利要求中任一项的装置，还包括一个含有所述基底台或所述承载结构以及所述平衡质量的真空腔。
17. 依照权利要求16的装置，其中所述底座构成所述真空腔的部分腔壁，并且在所述平衡质量与所述腔壁之间延伸有波纹管。
18. 依照权利要求15或17的装置，其中所述波纹管构成所述弹性耦合器的至少一部分。
19. 依照权利要求17或18的装置，其中所述平衡质量执行机构或所述弹簧-阻尼器系统穿过所述波纹管与所述平衡质量相连。
20. 依照前述权利要求中任一项的装置，其特征在于所述弹性耦合器的刚度是平衡质量相对于底座的相对位置的函数。
21. 依照权利要求4、5、9或13的装置，其特征在于该光刻装置还包括筛

选前馈控制器，用于控制平衡质量执行机构。

22. 依照前述权利要求中任一项的装置，其特征在于以至少 3 个自由度来将所述弹性耦合器施加在所述平衡质量上。

23. 一种器件的制造方法，包括步骤：

5 在基底台上提供被辐射敏感材料至少部分覆盖的一基底，该基底台设置在底座上；

使用辐射系统来提供辐射的投射束；

使用构图装置来使投射束在其横截面内具有一图案，该构图装置支撑在承载结构上；

10 将带图案的辐射束投射在所述辐射敏感材料层的靶部上；

利用所述基底台或所述承载结构与平衡质量之间产生反作用力，使所述基底台或所述承载结构相对于所述底座运动，

其特征在于：所述反作用力借助于弹性耦合器部分地传递到所述底座上，其中弹性耦合器将所述平衡质量耦合在所述底座上，并且该平衡质量具有的弹

15 簧本征频率为 0.3 至 10Hz。

## 光刻装置及器件制造方法

### 发明领域

- 5 本发明涉及一种光刻投射装置，包括：
- 辐射系统，用于产生辐射的投射束；
  - 承载结构，用于支撑构图装置，该构图装置用于根据所需图案对所述投射束构图；
  - 基底台，用于固定基底；
- 10 -投射系统，用于将带图案的投射束投射到基底的靶部上；
- 底座；
  - 平衡质量；和
  - 定位执行机构，连接在所述基底台或所述承载结构与所述平衡质量之间，用于在所述平衡质量与所述基底台或所述承载结构之间产生反作用力，从而将
- 15 所述基底台或所述承载结构相对于所述投射系统进行定位。

### 发明背景

- 这里使用的术语“构图部件”应广意地解释为能够给入射的辐射束赋予带图案的截面的部件，其中所述图案与要在基底的靶部上形成的图案一致；本文中
- 20 文中也使用术语“光阀”。一般地，所述图案与在靶部中形成的器件的特殊功能层相应，如集成电路或者其它器件（如下文）。这种构图部件的示例包括：

- 掩模。掩模的概念在光刻中是公知的。它包括如二进制型、交替相移型和衰减的相移类型，以及各种混合掩模类型。这种掩模在辐射光束中的布置使入射到掩模上的辐射能够根据掩模上的图案而选择性的被透射（在透射掩模的情况下）或者被反射（在反射掩模的情况下）。在使用掩模的情况下，支撑结构
- 25 一般是一个掩模台，它能够保证掩模被保持在入射光束中的理想位置，并且如果需要该台会相对光束移动。

- 程控反射镜阵列。这种设备的一个例子是具有粘弹性控制层和一反射表面的矩阵可寻址表面。这种装置的理论基础是（例如）反射表面的寻址区域将
- 30 入射光反射为衍射光，而非可寻址区域将入射光反射为非衍射光。用一个适当

的滤光器，从反射的光束中过滤所述非衍射光，只保留衍射光；按照这种方式，光束根据矩阵可寻址表面的寻址图案而产生图案。程控反射镜阵列的另一实施例利用微小反射镜的矩阵排列，通过使用适当的局部电场，或者通过使用压电致动器装置，使得每个反射镜能够独立地关于一轴倾斜。再者，反射镜是矩阵可寻址的，以使可寻址的反射镜以不同的方向将入射的辐射束反射到非可寻址反射镜上；按照这种方式，根据矩阵可寻址反射镜的可寻址图案对反射光束进行构图。可以用适当的电子装置进行该所需的矩阵寻址。在上述两种情况中，构图部件包括一个或者多个程控反射镜阵列。反射镜阵列的更多信息可以从例如美国专利 US5,296,891 和美国专利 US5,523,193、和 PCT 专利申请 WO 98/38597 和 WO 98/33096 中获得，这些文献在这里引入作为参照。在程控反射镜阵列的情况中，所述支撑结构可以是框架或者工作台，例如所述结构可以是固定的或者根据需要是可移动的。

程控 LCD 阵列，例如由美国专利 US 5,229,872 给出的这种结构，它在这里引入作为参照。如上所述，在这种情况下支撑结构可以是框架或者工作台，例如所述结构可以是固定的或者根据需要是可移动的。

为简单起见，本文的其余部分在一定的情况下具体以掩模和掩模台为例；可是，在这样的例子中所讨论的一般原理应适用于上述更宽范围的构图部件。

光刻投影装置可以用于例如集成电路（IC）的制造。在这种情况下，构图部件可产生对应于 IC 每一层的电路图案，该图案可以成像在已涂敷辐射敏感材料（抗蚀剂）层的基底（硅片）的靶部上（例如包括一个或者多个电路小片（die））。一般的，单一的晶片将包含相邻靶部的整个网格，该相邻靶部由投影系统逐个相继辐射。在目前采用掩模台上的掩模进行构图的装置中，有两种不同类型的机器。一类光刻装置是，通过一次曝光靶部上的全部掩模图案而辐射每一靶部；这种装置通常称作晶片分档器。另一种装置（通常称作分步扫描装置）通过在投射光束下沿给定的参考方向（“扫描”方向）依次扫描掩模图案、并同时沿与该方向平行或者反平行的方向同步扫描基底台来辐射每一靶部；因为一般来说，投影系统有一个放大系数  $M$ （通常 $<1$ ），因此对基底台的扫描速度  $V$  是对掩模台扫描速度的  $M$  倍。如这里描述的关于光刻设备的更多信息可以从例如美国专利 US6,046,729 中获得，该文献这里作为参考引入。

在用光刻投影装置制造方法中，（例如在掩模中的）图案成像在至少部分由

一层辐射敏感材料（抗蚀剂）覆盖的基底上。在这种成像步骤之前，可以对基底可进行各种处理，如涂底漆，涂敷抗蚀剂和软烘烤。在曝光后，可以对基底进行其它的处理，如曝光后烘烤（PEB），显影，硬烘烤和测量/检查成像特征。以这一系列工艺为基础，对例如 IC 的器件的单层形成图案。这种图案层然后

5 可进行任何不同的处理，如蚀刻、离子注入（掺杂）、镀金属、氧化、化学—机械抛光等完成一单层所需的所有处理。如果需要多层，那么对每一新层重复全部步骤或者其变化。最终，在基底（晶片）上出现器件阵列。然后采用例如切割或者锯断的其它技术将这些器件彼此分开，单个器件可以安装在载体上，与管脚等连接。关于这些步骤的进一步信息可从例如 Peter van Zant 的“微型

10 集成电路片制造：半导体加工实践入门 (Microchip Fabrication: A Practical Guide to Semiconductor Processing)”一书 (第三版, McGraw Hill Publishing Co., 1997, ISBN 0-07-067250-4) 中获得，这里作为参考引入。

为了简单起见，投影系统在下文称为“镜头”；可是，该术语应广意地解释为包含各种类型的投影系统，包括例如折射光学装置，反射光学装置，和反

15 折射系统。辐射系统还可以包括根据这些设计类型中任一设计的操作部件，该操作部件用于操纵、整形或者控制辐射的投射光束，这种部件在下文还可共同地或者单独地称作“镜头”。另外，光刻装置可以具有两个或者多个基底台（和/或两个或者多个掩模台）。在这种“多级式”器件中，可以并行使用这些附加台，或者可以在一个或者多个台上进行准备步骤，而一个或者多个其它台用于

20 曝光。例如在美国专利 US5,969,441 和 WO98/40791 中描述的两级光刻装置，这里作为参考引入。

在光刻投射装置中，掩模上的信息将在所谓的扫描过程中被投射到基底台上，并且该掩模位于承载结构上，在该扫描过程中，承载结构和基底台以恒定速度同步运动。产生加速度或减速度的力可能很大，这是因为基底台的加速度

25 典型地是 5 至  $100\text{m/s}^2$  的数量级，并且基底台的重量典型地是大约 10-200 kg。如果此基底台是借助于执行机构运动的，并且该执行机构连接到底座上，那么反作用力将传递到此底座上。如果此反作用力是直接传递到底座上的，那么将引起底座在本征频率（典型地是 10 至 50Hz）处的大扰动。这将引起底座的振动，从而干扰投射透镜中的隔振系统。然后，部分振动会传递到投射透镜上。

30 因为基底台是相对于投射透镜进行的定位的，所以这种投射透镜的振动将产生

伺服振动误差，进而影响成像过程。

利用美国专利 US6,262,796 所描述的自由装配平衡质量，这种反作用力的影响会减弱。这是借助于使用定位执行机构产生反作用力来实现的，并且该定位执行机构位于基底台与平衡质量之间，这样，当基底台沿一个方向运动时，平衡质量将沿相反的方向运动，其位移量与基底台相等，并且正比于基底台与平衡质量的质量比。这样，基本上没有反作用力传递到底座上，并且平衡质量和基底台的合成重心相对于底座基本上保持稳定。

如果这种自由装配的平衡质量要做长冲程运动，那么在平衡质量运动以及对平衡质量发挥作用的线缆和管子传动（transmission）的过程中，需要对平衡质量加以引导，特别是，当平衡质量处于真空环境时，将难以装配平衡质量，从而增加了装置的体积。

在尝试缩小光刻投射装置体积的过程中，可以通过增加平衡质量的质量来缩短平衡质量所需的冲程，其代价是将增加支撑平衡质量的复杂度，这种支撑是接近无摩擦的。

上述问题同样出现在承载结构上，其用于支撑构图装置，而该构图装置也需要相对于投射系统运动，并且这种运动是利用平衡质量来实现的。

### 发明内容

本发明的一个目的是提供自由装配平衡质量的一个可选方式，其至少部分地解决上述问题中的一个。

依据用于光刻装置中的本发明可以实现上述目的以及其它目的，本发明在前面的段落中已经描述了，并且其特点是必须具有所述的平衡质量，该平衡质量经弹性耦合器连接到所述底座上，这样所述平衡质量就具有 0.3 至 10Hz 的弹簧本征频率，并且所述反作用力的一部分将施加到所述底座上。

这样，借助于弹性耦合器，只有部分反作用力传递到底座上。平衡质量的本征频率优选地是 0.3 至 10Hz，因为如下所述，只有低频振动会传递到底座上：由于基底台和承载结构运动产生的反作用力，当其频率大于大约 10 至 15Hz 时，就很难传递到底座上，因为在这种频率下，平衡质量将不受弹性耦合器的影响，从而其行为类似于该频率下的自由平衡质量。对基底台或承载结构的有害扰动典型地是发生在频率高于 10Hz 处，但是平衡质量在这个频率区域内是不会产



生大干扰的。然而，由于基底台或承载结构的长冲程运动产生的加速度力将传递到底座上，并且这种加速度力典型地具有频率低于 10Hz 的能量。施加到平衡质量上的反作用力有一部分是由弹性耦合器的弹簧刚度产生的，并且要求平衡质量只做短冲程运动。应当明确，传递到底座的这种低频力在其对装置产生有害影响之前，其数值是相当高的。这样，在依据本发明实现的典型光刻投射系统中，平衡质量的冲程典型地是小于大约 20mm。弹性耦合器的一个实例是包括板簧、减震弹簧或其它类型的机械弹簧、具有与弹簧类似特性的磁组件等。应当进一步指出，弹性耦合器具有使平衡质量返回其平衡位置的趋势。这种趋势会带来一定的好处，例如在所述定位执行机构初始化的过程中。

10 在本发明的实施例中，平衡质量是借助于承载结构进一步支撑在底座上的。作为实例，该承载结构可以是位于底座与平衡质量之间的空气轴承。这样就给平衡质量提供了支撑作用，从而使平衡质量可以沿平移方向移动所需的冲程。

15 在本发明的实施例中，光刻装置是这样设置和安装的，在定位所述基底台或所述承载结构的运动过程中，所述基底台或所述承载结构与所述平衡质量的合成重心的位置相对于所述底座也会改变。因为弹性耦合器将平衡质量连接到底座上，所以在定位所述基底台或所述承载结构的运动过程中，重心将改变其位置。

20 在本发明的实施例中，光刻装置还可以包括平衡质量执行机构，用于控制所述平衡质量的位置。在这个有效的实施例中，平衡质量执行机构平行于所述弹性耦合器设置，其中平衡质量借助于所述平衡质量执行机构连接到所述底座上。该平衡质量执行机构可用于在低频时对平衡质量施加位置校正力。这样，在低频条件下，将会有大而频率低的力沿平移方向施加到底座上。平衡质量执行机构也可以为处于共振频率（由平衡质量的质量和连接到底座上的弹性耦合器的刚度确定）的平衡质量系统提供阻尼装置，并且进一步减少在底座与平衡质量之间传递的频率高于 10Hz 的力。

在本发明的实施例中，将筛选前馈程序应用到平衡质量执行机构中，以便平滑传递到底座上的力。平衡质量执行机构可以是例如气动式、水力式、电磁式或压电式的执行机构。

30 在本发明的又一个实施例中，光刻装置包括弹簧-阻尼器系统，其与所述弹

性耦合器平行设置，并且平衡质量借助于所述弹簧-阻尼器系统连接到所述底座上。弹簧-阻尼器系统可以将不同类型的弹簧（机械的、空气的、磁的）与不同类型的阻尼器结合在一起，例如粘性阻尼器、涡流阻尼器等。为了获得所需的传递特性，弹簧与阻尼器之间既可以采用串联方式，也可以采用并联方式进行连接。采用被动方式的实施例的优点是，与主动方式相比，其提供了更廉价更耐用的解决方案，但这是以牺牲某些性能为代价的。

优选地，弹簧-阻尼器系统包括至少一个具有弹簧特性的元件，其与至少一个具有阻尼器特性的元件以串联方式连接。在弹性耦合器基本上具有弹簧特性的实施例中，这种弹簧-阻尼器系统可以进一步被称为 KDK-系统。该阻尼器可以是粘性阻尼器或任何其它类型的阻尼器。

优选地，阻尼器可以是涡流阻尼器，因为其在耐用性、可靠性、可维护性和污染性方面具有优势。KDK-系统也可以为处于共振频率（由平衡质量的质量和连接到底座上的弹性耦合器的刚度确定）的平衡质量系统提供阻尼装置，并且进一步减少在底座与平衡质量之间传递的频率高于 10Hz 的力。弹簧-阻尼器系统可以由兼有弹簧和阻尼器特性的组件构成，例如橡胶类材料或熔融合金。

在本发明的实施例中，对平衡质量起阻尼作用的是阻尼器，其阻尼系数  $b$  在 0.3 至 0.9 之间，优选地是 0.65 至 0.75。这样，基底台施加到底座上的长冲程反作用力将不会被放大。

在本发明的实施例中，阻尼器与所述弹性耦合器平行设置，并且平衡质量借助于所述阻尼器连接到所述底座上。阻尼器可以由分离组件构成，或者可以由具有内部阻尼器的弹性耦合器本身构成。

在本发明的实施例中，对平衡质量起阻尼作用的是阻尼器，其阻尼系数  $b$  是频率的函数。作为实例，可以采用涡流阻尼器。而且，如果平衡质量执行机构用于产生所述平衡质量的主动阻尼振动，其阻尼系数将是频率的函数。

在本发明的实施例中，光刻装置还包括控制器，其周期性地使用定位控制环。作为实例，该控制器可用于阻止所述平衡质量的漂移，或者用于补偿平衡质量的摩擦力，或者用于校正弹性耦合器的滞后效应，其中平衡质量的漂移是由于所述基底台或承载结构的往复运动产生的。

在本发明的实施例中，频率低于 3 至 10Hz 的反作用力中的 50 至 100% 被

施加到所述弹性耦合器上，并且该弹性耦合器位于所述底座上。

在本发明的实施例中，光刻装置还包括真空腔，用于容纳基底台或承载结构以及平衡质量。本发明中的平衡质量特别适用于这种情况，因为其只做短冲程运动。

5 在本发明的实施例中，在平衡质量和真空腔的内壁之间设置了波纹管。平衡质量的短冲程运动是设置波纹管成为可能，并且这样的结构会带来很多优点，因为对平衡质量发挥作用的任何线缆和管子都可以用波纹管进行封装，因此不必满足真空性要求，例如这些线缆和管子可以是用于空气轴承的空气管或用于位置传感器的电缆。

10 在本发明的实施例中，波纹管构成了弹性耦合器的至少一部分。依据刚度的不同，波纹管可以部分或完全地实现弹性耦合器地功能，其中该弹性耦合器位于平衡质量和底座之间。

在本发明的实施例中，平衡质量执行机构或弹簧-阻尼器系统穿过所述波纹管与所述平衡质量相连。

15 依据本发明的进一步描述，提供了一种器件的制造方法，包括以下步骤：

在基底台上提供被辐射敏感材料至少部分覆盖的一基底，该基底台设置在底座上；

使用辐射系统来提供辐射的投射束；

20 使用构图装置来使投射束在其横截面内具有一图案，该构图装置支撑在承载结构上；

将带图案的辐射束投射在所述辐射敏感材料层的靶部上；

25 利用所述基底台或所述承载结构与平衡质量之间产生反作用力，使所述基底台或所述承载结构相对于所述底座运动，其特征在于：所述反作用力借助于弹性耦合器部分地传递到所述底座上，其中弹性耦合器将所述平衡质量耦合在所述底座上，并且该平衡质量具有的弹簧本征频率为0.3至10Hz。

30 尽管在本文中，依照本发明的装置具体用于制造IC，但是应当明确地理解，这种装置具有其它可能的应用。例如，它可用于集成光学系统的制造、用于磁畴存储器、液晶显示板、薄膜磁头等引导和探测图形等。本领域的技术人员将理解，在这种可选的应用范围中，在说明书中使用的术语“划线板”、“晶片”或“电路小片”应认为分别可以由更一般的术语“掩模”、“基底”和“靶部”

代替。

在本文中，使用的术语“辐射”和“射束”包含所有类型的电磁辐射，包括紫外线辐射（例如，具有 365、248、193、157 或 126nm 的波长）和 EUV（远紫外线辐射，例如具有 5—20nm 范围内的波长），以及例如离子束或电子束的  
5 粒子束。

### 附图说明

现在，参看所附的示意性附图、仅仅借助于实例的方式来描述本发明的实施例，其中：

- 10 图 1 描绘了光刻投射装置的相关部分；  
图 2 描绘了依照本发明一个实施例的光刻投射装置；  
图 3 描绘了依照本发明一个实施例的光刻投射装置，其适用于真空条件；  
图 4 描绘了在扫描过程中反作用力在时域和频域中的典型曲线；  
图 5 描绘了在本发明的不同实施例中，传递到底座上的反作用力在频域中  
15 的曲线；  
图 6 描绘了在本发明的不同实施例中，平衡质量的位移与传递到底座上的反作用力之间的转换关系在频域中的曲线；  
图 7 描绘了依照本发明一个实施例的 KDK-系统，其使平衡质量连接到底座上；  
20 图 8 描绘了依照本发明的一个实施例，将平衡质量连接到底座上的一种可选方式；  
图 9 描绘了依照本发明的一个实施例，将平衡质量连接到底座上的又一种可选方式；  
图 10 示意性地描绘了包括涡流阻尼器的 KDK-系统；  
25 图 11 示意性地描绘了平衡质量，其在水平面内具有 3 个自由度。  
在附图中，相应的参考符号表示对应的部件。

### 具体实施方式

- 图 1 示出了光刻投射装置的相关部分。该装置包括：  
30 辐射系统 Ex, IL，用于提供辐射投射光束 PB（例如 I 线、UV、EUV 辐射、

电子束等), 在这种具体例子中, 该辐射系统还包括一辐射源 LA;

第一目标台(掩模台) MT, 设有用于保持掩模 MA (例如划线板) 的掩模保持器, 并与用于将该掩模相对于元件 PL 精确定位的精确定位装置 PM 连接;

第二目标台(基底台) WT, 设有用于保持基底 W (例如涂敷抗蚀剂的硅晶片) 的基底保持器, 并与用于将基底相对于元件 PL 精确定位的第二基底台定位装置 PW 连接;

投射系统(“镜头”) PL (例如多层反射镜组), 用于将掩模 MA 的辐射部分成像在基底 W 的靶部 C (例如包括一个或多个电路小片(die)) 上。

如这里指出的, 该装置属于反射型(例如具有反射掩模)。可是, 一般来说, 它还可以是例如透射型(例如具有透射掩模)。另外, 该装置可以利用其它种类的构图部件, 如上述涉及的程控反射镜阵列型。

辐射源 LA (例如产生激光的放电准分子激光器) 产生辐射束。该射束直接或经过如扩束器 Ex 的横向调节装置后, 再照射到照射系统(照射器) IL 上。照射器 IL 包括调节装置 AM, 用于设定射束强度分布的外和/或内径向量(通常分别称为  $\sigma$  - 外和  $\sigma$  - 内)。另外, 它一般包括各种其它部件, 如积分器 IN 和聚光器 CO。这样, 照射到掩模 MA 上的光束 PB 在其横截面具有理想的均匀和强度分布。

应该注意, 图 1 中的辐射源 LA 可以置于光刻投射装置的壳体中(例如当源是汞灯时经常是这种情况), 但也可以远离光刻投射装置, 其产生的辐射束被(例如通过定向反射镜的帮助) 引导至该装置中; 当光源 LA 是准分子激光器时通常是后面的那种情况。本发明和权利要求包含这两种方案。

光束 PB 然后与保持在掩模台 MT 上的掩模 MA 相交。穿过掩模 MA 的光束 PB 通过镜头 PL, 该镜头将光束 PB 聚焦在基底 W 的靶部 C 上。在第二定位装置(和干涉测量装置 IF) 的辅助下, 基底台 WT 可以精确地移动, 例如在光束 PB 的光路中定位不同的靶部 C。类似的, 例如在从掩模库中机械取出掩模 MA 或在扫描期间, 可以使用精确定位装置将掩模 MA 相对射束 PB 的光路进行精确定位。一般地, 用图 1 中未明确显示的长冲程模块(粗略定位) 和短行程模块(精确定位), 可以实现目标台 MT、WT 的移动。应当指出, 通常, 长冲程模块使基底台大体在平面内长冲程运动, 而掩模台的长冲程模块使长冲程运动基本上沿一个方向。然而, 在晶片分档器中(与分步扫描装置相对),

掩模台 MT 可与短冲程执行装置连接促使能够在六个自由度内进行短冲程移动，或者固定。

所示的装置可以按照两种不同模式使用：

1. 在步进模式中，掩模台 MT 保持基本不动，整个掩模图像被一次投射  
5 （即单“闪”）到靶部 C 上。然后基底台 WT 沿 x 和/或 y 方向移动，以使不同的靶部 C 能够由射束 PB 照射。

2. 在扫描模式中，基本为相同的情况，但是所给的靶部 C 没有暴露在单  
“闪”中。取而代之的是，掩模台 MT 沿给定的方向（所谓的“扫描方向，例  
如 y 方向”）以速度 v 移动，以使投射射束 PB 扫描整个掩模图像；同时，基底  
10 台 WT 沿相同或者相反的方向以速度  $V=Mv$  同时移动，其中 M 是镜头 PL 的  
放大率（通常  $M=1/4$  或  $1/5$ ）。在这种方式中，可以曝光比较大的靶部 C，而  
没有牺牲分辨率。

将参考基底台 WT 来描述本发明。然而，本发明同样适用于掩模台 MT。

从图 1 中可以看出，典型的光刻装置包括底座 BF，其上可以安置不同的组  
15 件。

作为一个实例，在图 2 中示出了在底座上安置的不同部件。图中显示了底  
座 BF，其最好牢固地连接到地面 10 上。通过将投射系统 PL 安装在测量支架  
（metrology frame）50 上，可以将投射系统 PL 从底座 BF 的振动中隔离开，其  
中利用主动（active）振动隔离系统（AVIS）的柔性悬挂系统 55，将测量支架  
20 50 与底座 BF 恰当的相连。执行机构 20 驱动晶片台的运动，反作用力作用到  
平衡质量（BM）上。弹性耦合器 150 连接在平衡质量和底座之间。弹性耦合  
器 150 的刚度被如此选择，使得平衡质量安装在底座 BF 上，其平移（水平）  
面上的弹簧本征频率在 0.3 和 10Hz 之间，最好是 1 至 6Hz。合适的弹簧本征  
频率是大约 3Hz。

25 弹簧本征频率  $f_0$  可以依照公式（1）计算：

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_{spring}}{m_{BM}}} \quad (1)$$

其中， $K_{spring}$  是弹性耦合器 150 的弹簧的刚度， $m_{BM}$  是平衡质量 BM 的质量。  
将平衡质量的弹簧本征频率设置在 0.3 至 10Hz 范围内可以确保从平衡质量向  
底座施加一个大而频率低的力，并且其可以是沿平移水平面（在频率小于 3Hz

时该力最大约为 5000N) 内的两个方向。在本实例中, 设置了阻尼器 170 和平衡质量执行机构 100, 其中阻尼器 170 与弹性耦合器 150 平行设置。可选的, 弹性耦合器 150、阻尼器 170 和平衡质量执行机构 100 可以封入波纹管 120 中。这样, 弹性耦合器、阻尼器和平衡质量执行机构就被密封起来并且与基底台 WT 5 和平衡质量所处的间隔部分分开。使用波纹管使对弹性耦合器、阻尼器和平衡质量执行机构的限制条件减少了。平衡质量执行机构 100 用于校正平衡质量的位置, 而平衡质量有从正确位置漂移的趋势。例如, 这种漂移, 可以看作是滞后现象 (hysteresis), 是底座 BF 和平衡质量 BM 之间相互摩擦的结果。通过使用控制器, 校正可以用作闭环控制, 其中控制器可以控制平衡质量执行机构 10 100, 并且如果需要则周期性 (例如, 每毫秒) 地施加一个力, 使平衡质量 BM 基本上位于中间位置, 以便阻止平衡质量漂移, 这种漂移源于基底台的往返运动。

执行机构 100 也用于对平衡质量 BM 的运动产生阻尼, 从而避免扭振, 即平衡质量 BM 的共振。可选地, 这种功能也可由独立的机械被动阻尼器 170 来 15 实现。无论采用何种形式的阻尼装置, 相对阻尼系数  $b$  优选地是在 0.5 和 1 之间, 更优地是在 0.65 和 0.75 之间。如果采用平衡质量执行机构 100, 则它可用作主动阻尼器, 其阻尼系数  $b$  是可变的并且是频率的函数。例如, 当阻尼系数  $b=0.7$  时达到阈值频率 (例如, 在 0.3 至 20Hz 的范围内), 之后阻尼系数将减小, 从而在频率为无穷大时, 阻尼系数为 0。这样, 与阻尼系数恒定的情况相 20 比, 高频时平衡质量传递给底座的力较小。当基底台 WT 运动的频率接近平衡质量 BM 的弹簧本征频率时, 这种阻尼装置可以减小平衡质量传递给底座的力的振幅。

利用筛选前馈程序, 平衡质量执行机构 100 也可用于平滑传递到底座的低频力的分布。该程序是这样实现的, 将平衡质量 BM 上可预料的反作用力经低 25 通过滤器传递给底座 BF, 并且通过平衡质量执行机构 100 向平衡质量 BM 施加一个力, 该力可以平滑反作用力的尖锐变化。在任何情况下, 都不会有高频扰动传递到底座上。

图 3 示出了, 在底座 BF 上设置不同组件的一种可选的配置, 其适于真空应用。在本实例中, 基底台 WT 通过连接装置 12 定位在基底台支架 SF (其固 30 定连接到底座 BF 上) 上。执行机构 20 驱动晶片台的运动, 反作用力作用到平

衡质量 (BM) 上。弹性耦合器 150 与平衡质量执行机构 100 平行, 并且阻尼器 170 连接在平衡质量和基底台支架之间。在本实施例中, 投射系统 PL、平衡质量 BM 和基底台 WT 封入真空腔 VC 内, 并且真空腔固定连接到底座 BM 上。

5 基底台 WT 和平衡质量 BM 是这样装配的, 其使得水平面内的运动基本上是无摩擦的, 并且该水平面平行于基底台支架 SF 的表面。例如, 无摩擦可这样实现, 使基底台 WT 悬浮于平衡质量上方, 并且为平衡质量装备空气轴承, 或者同时为基底台和平衡质量装备空气轴承, 以使基底台支架 SF 能够支持它们重量。平衡质量也可以悬浮于弹性机械或空气弹簧上方。

10 由于定位执行机构 20 的作用产生了反作用力, 基底台 WT 和平衡质量 BM 相对平移。

平衡质量 BM 弹性耦合到基底台支架 SF 上, 因此利用弹性弹簧耦合器 150 相应地耦合到底座 BF 上。弹性耦合器 150 的刚度这样选择, 即使得平衡质量设置在晶片台支架 SF 上, 并且在平移 (水平) 面内平衡质量的弹簧本征频率为 0.3 至 10 Hz, 优选地为 1 至 6 Hz。合适的弹簧本征频率为大约 3 Hz。

图 4 表示了加速力和减速力, 这些力典型地存在于扫描过程中。同时给出了加速力和减速力在时域和频域中的表示。在本实例中, 最大的加速力是大约 1500 N。同时示出了功率谱或单位频率带宽的能量。一般地, 加速力分布功率谱显示大的加速力出现在频率低于 20 Hz 的情况下。高于此频率时, 残余能量很小。

20 当平衡质量的弹簧本征频率处于 0.3 至 10 Hz 范围内时, 基底台 WT 的短冲程平移运动很难传递到底座上, 这是因为平衡质量工作在传统自由质量方式下, 其中基底台 WT 的短冲程平移运动出现在频率为大约 10-15 Hz 和更高时。然而, 对于基底台 WT 的长冲程平移运动来说, 至少一部分反作用力传递到基底台支架 SF 上, 相应地也传递到底座 BF 上, 其中基底台 WT 的长冲程平移运动出现在低于大约 15 Hz 的较低频率上。因此, 随着一部分反作用力 (50 至 100%) 通过弹性耦合器 150 施加到基底台支架 SF 上, 必须减小低频运动时平衡质量的位移。已经发现, 这种位于水平平移方向上的大而频率低的力可以施加到底座 BF 上 (在频率低于 3 Hz 时一般约 1000-1500 N), 但不会给装置的性能造成不良影响。



图 5 示出了在本发明的多个实施例中，平衡质量传递到底座上的反作用力的伯德图。该图示出了平衡质量的反作用力与底座作用力的比值（用 dB 表示）及对应的频率 Hz。作为基准，自由安放的平衡质量（即牛顿平衡质量）的特性曲线由曲线 G0 表示。根据牛顿“作用力=反作用力”定律工作的理想平衡质量，可以吸收全部能量，因此不会向底座传递反作用力。非理想牛顿平衡质量会部分地传递很小的低频反作用力。牛顿平衡质量也有缺点，其运动或移动等于平衡质量与基底台的质量比。如果弹性耦合器连接到平衡质量与底座之间，那么平衡质量的漂移将大幅减小。然而，低频的反作用力是直接传递的（至底座），并且正如曲线 G1 所示，当达到共振频率时，底座的作用力远远高于平衡质量的反作用力。高于共振频率时，无阻尼平衡质量传递到底座上的反作用力将再次减小，并且构成机械过滤器，其具有-40 dB/dec 的衰减（roll-off）。正如曲线 G3 所示，在共振频率下，通过设置被动阻尼器可以减小漂移幅度的放大率，其中被动阻尼器设置在平衡质量和底座之间，并且与弹性耦合器平行。然而，该阻尼平衡质量的机械过滤器仅具有-20 dB/dec 的衰减。

对于通过将阻尼器与弹簧相连构成的阻尼元件而言，这种弹性耦合器和弹簧-阻尼器系统构成的混合系统也称为 KDK-系统，其再次具有-40 dB/dec 的衰减，尽管系统的过滤作用起始于较高的频率。正如曲线 G3 所示，KDK-系统中平衡质量的性能高于曲线 G2 所示的阻尼平衡质量的性能。

在另一个实施例中应用了控制环，其由执行机构和位置传感器构成，其中执行机构设置在平衡质量与底座之间，而位置传感器用于测量平衡质量相对于底座的位置。参见曲线 G4，通过对控制器的调节，不仅要获得共振频率下的阻尼作用而且还要维持 -40 dB/dec 的大幅度衰减。

图 6 示出了平衡质量的运动与反作用力之间转换关系的伯德图。在低频时，平衡质量的运动作为输入力的函数，其正比于弹性耦合器的刚度的倒数。因此，平衡质量与底座之间  $1 \times 10^5$  N/m 的刚度将产生  $1 \times 10^{-5}$  m 的位移，这个位移对应于 1 N 的输入力（因此，转换关系为  $1 \times 10^{-5}$  m/N 或 -100 dB）。对于 1500 N 的输入力来说，对应的位移大约是 15 mm。如果刚度增加，运动将减小相同的量级，而输出力的频带将增加（见图 6 和公式 1）。因此，柔性弹性耦合器会产生柔性力（强的平衡质量过滤器）和较大的漂移。刚性弹性耦合器会产生刚性力（弱的过滤器）和较小的漂移。可以在平衡质量漂移和力的过滤性能之间找到恰当

的折衷。使用具有非线性特性的弹性耦合器就是为了达到这种折衷。线性和非线性的弹簧元件都可以实现这种折衷。这些弹簧元件可以设置在平衡质量和底座之间，并且当平衡质量离开平衡位置时，弹簧元件的刚度会逐渐增加。在共振频率附近，如果没有设置阻尼器，位移将被放大（这种放大作用已在图 6 中示出，大约为 100 倍!）。为了避免发生这种情况，阻尼元件必须与弹性耦合器结合在一起。在图 6 中，曲线 G1 表示了无阻尼系统的特性，曲线 G2 表示了阻尼系统的特性，曲线 G3 表示了 KDK-系统的特性，曲线 G4 表示了与平衡质量传动机构结合后的弹性耦合器的特性。在阻尼系统中（G2, G3, G4），放大作用受到了抑制，通常在无阻尼系统中，放大作用发生在共振频率处。对于较高的频率，所有的系统都具有-40 dB/dec 的衰减，因此，高频的反作用力仅使平衡质量产生很小的位移。

图 7 示出了本发明的一个实施例，其中 KDK 系统设置在平衡质量和底座之间。KDK 系统是被动系统，其包括与弹簧-阻尼器系统 180 平行设置的弹性耦合器 150，所谓弹簧-阻尼器系统是将具有弹簧特性的元件与具有阻尼器特性的元件相连。该 KDK 系统可以与波纹管 120 配合使用，该波纹管用于封装 KDK 系统，从而可以使用不要求 KDK 系统真空性的材料或组件。波纹管可以部分或全部实现弹性耦合器 150 的功能。图中所示的 KDK 系统也可用于如图 3 所示的实施例，代替其中的弹性耦合器，并与平衡质量执行机构配合使用。

在真空条件下，平衡质量 BM 通过金属波纹管 120 连接到真空腔 VC 的内壁上，该波纹管可以通过焊接曲盘制成，也可以通过在薄壁粗管上形成皱褶制成。设置了波纹管之后，弹性耦合器 150 和执行机构 100 或 KDK 系统就可以设置在真空腔 VC 的外部，因此设计要求也就相应的降低了，因为它们不必满足真空性要求（例如满足排气（out-gassing）标准）。此外，波纹管内的管子或线缆也能对平衡质量 BM 发挥作用。由于在基底台 WT 定位的过程中，平衡质量 BM 仅做短冲程运动，所以可以使用波纹管 120。波纹管构成了弹性耦合器的至少一部分，该弹性耦合器位于平衡质量 BM 和底座之间。

图 8 中示出了平衡质量 BM 与底座进行连接的一种可选方式，在该实施例中，底座构成了真空腔 VC 的部分腔壁。弹性耦合器 150 和平衡质量执行机构 100 安置在第二真空腔 210 内，该第二真空腔 210 位于基底台真空腔内，并且可以很方便的达到比基底台真空腔 VC 更高的压力。连接构件 200 将弹性耦合

器 150 和平衡质量执行构件 100 连接到基底台真空腔腔壁 VC。在第二真空腔 200 和连接腔之间需要设置密封件和波纹管。图 9 示出了又一可选方式，连接构件 200 将平衡质量 BM 连接到弹性耦合器 150 和平衡质量执行机构 100 上，该平衡质量执行机构 100 直接连接到底座 BF 上。在本实施例中，基底台真空腔 VC 与底座分隔设置，这样平衡质量执行机构就不必满足真空性要求，因为  
5 其位于真空腔外部。在基底台真空腔 VC 和连接构件 200 之间需要进行密封。

图 10 示意性地示出了连接在平衡质量 BM 与底座 BF 之间的 KDK 系统。平衡质量支撑在承载系统 215 上。KDK 系统包括弹性耦合器 150 和弹簧-阻尼器系统，该弹簧-阻尼器系统包括弹簧 240 和涡流阻尼器，并且该涡流阻尼器包  
10 括磁板 220 和位于两磁板间的导体块 230。

平衡质量 BM 可以具有 1 至 6 个自由度，但优选地是 3 个自由度（在水平面内）和 6 个自由度（在水平面和垂直面内）。当底座或承载结构运动时，本发明中所述的位于平衡质量和承载架之间的耦合器可具有所有的自由度。对应于不同的自由度，位于平衡质量和承载架之间的耦合器可具有不同的特性。弹性耦合器也可以与平衡质量执行机构和/或弹簧-阻尼器系统配合使用，并且对  
15 应于不同的自由度，弹簧-阻尼器系统可具有不同的特性。作为实例，图 11 是一个可选方式的顶视图，其中弹性耦合器 150 是位于平衡质量 BM 和底座 BF 之间的弹簧。应当明确，所述的弹性耦合器可以与 KDK 系统配合使用，或与阻尼器和平衡质量执行机构配合使用。还应当指出，在此方式中，虽然仅在 X 和 Y 方向上使用了弹簧，但平衡质量具有三个自由度（X、Y 和 Z）。这种对于具有不同个自由度的弹性耦合器的定义方法也可应用到超过三个的自由度上。  
20

尽管上面已经描述了本发明的具体实施例，但是应当理解，本发明也可用其他方式实施而不是如所述的。本说明无意限制本发明。

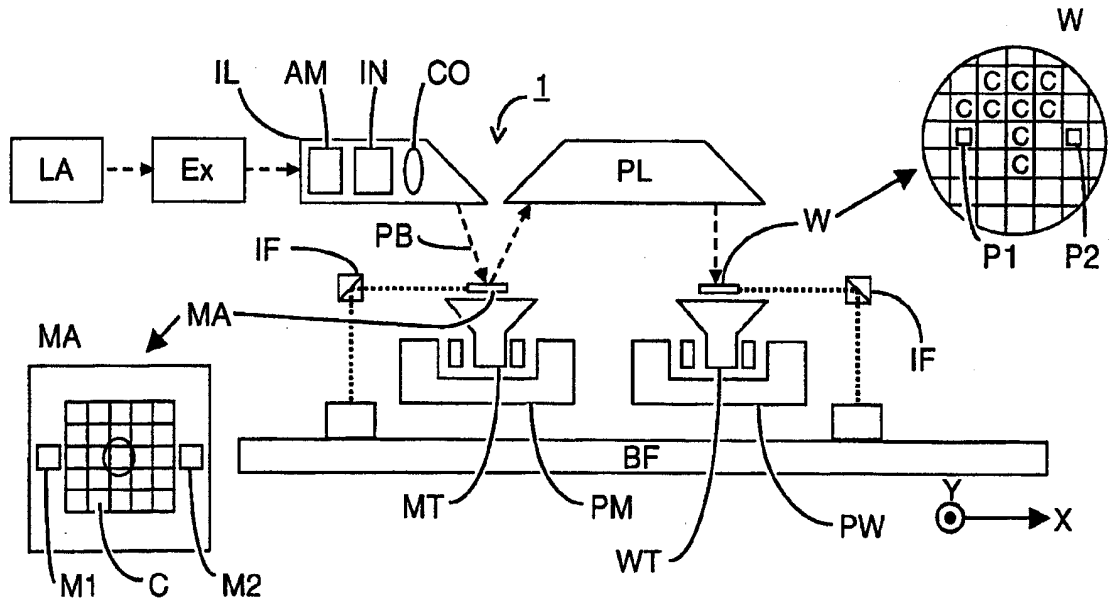


图 1

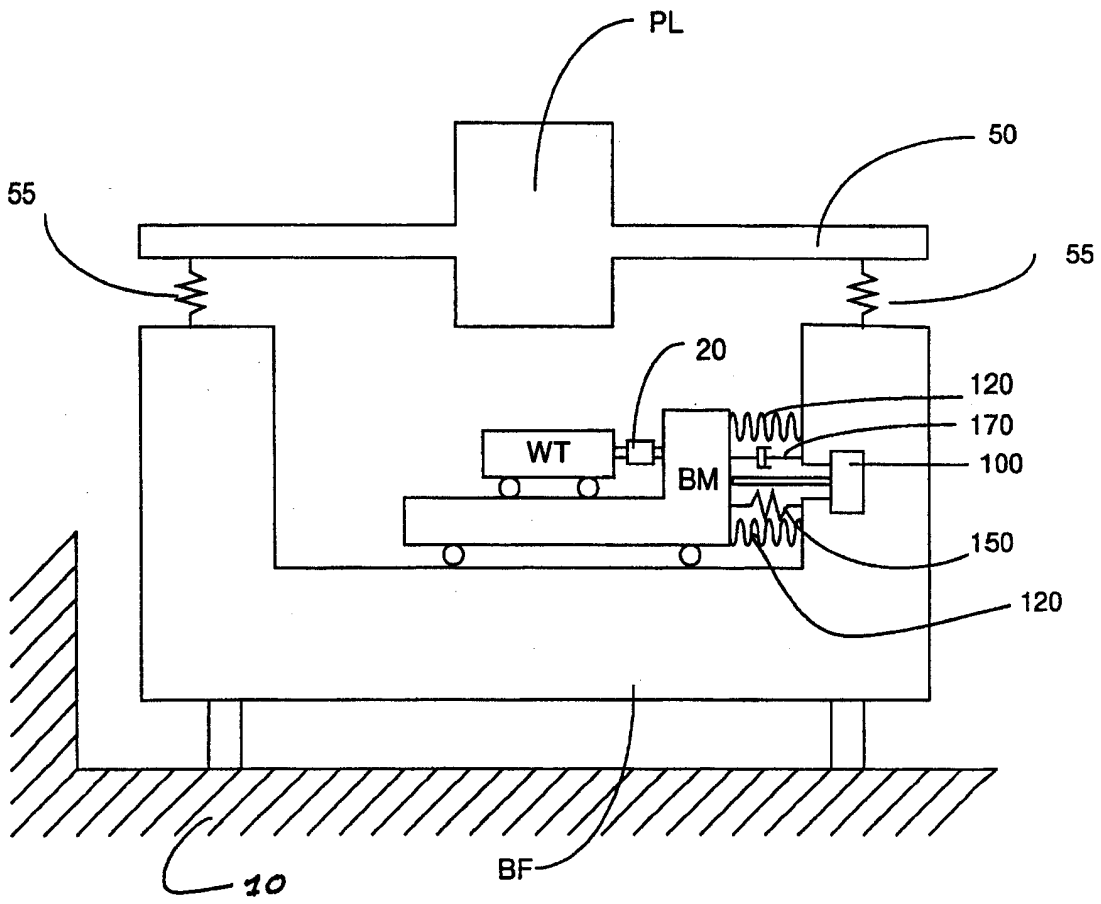


图 2

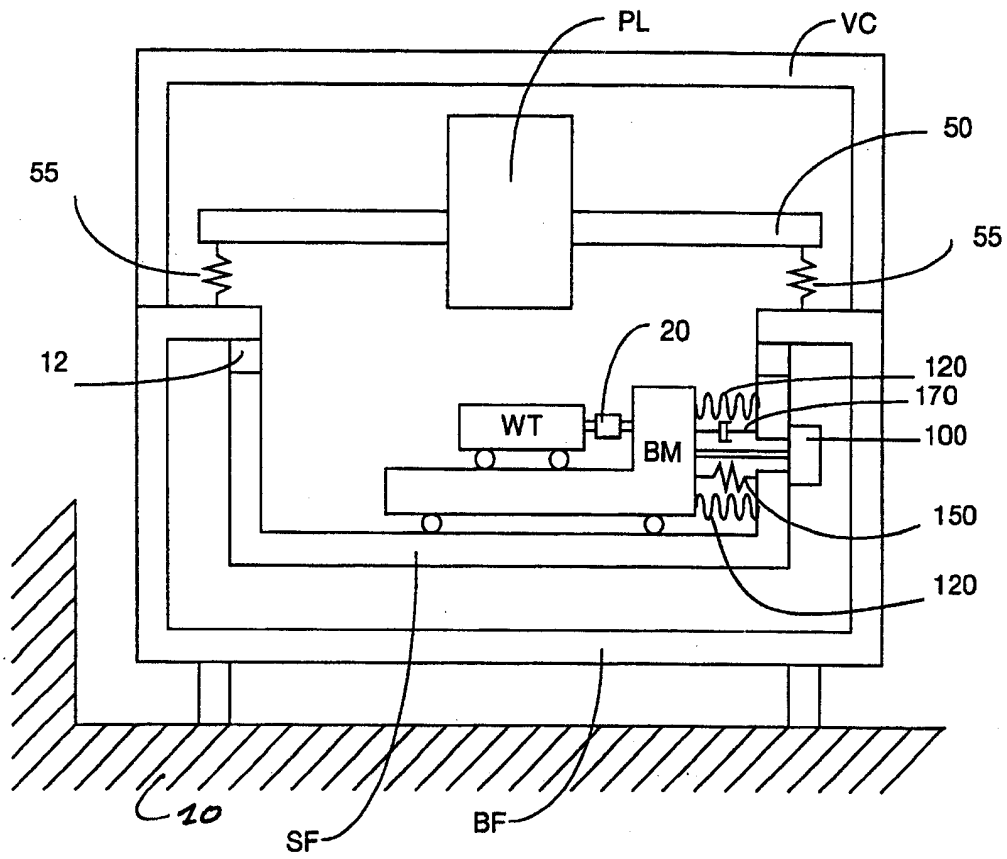


图 3

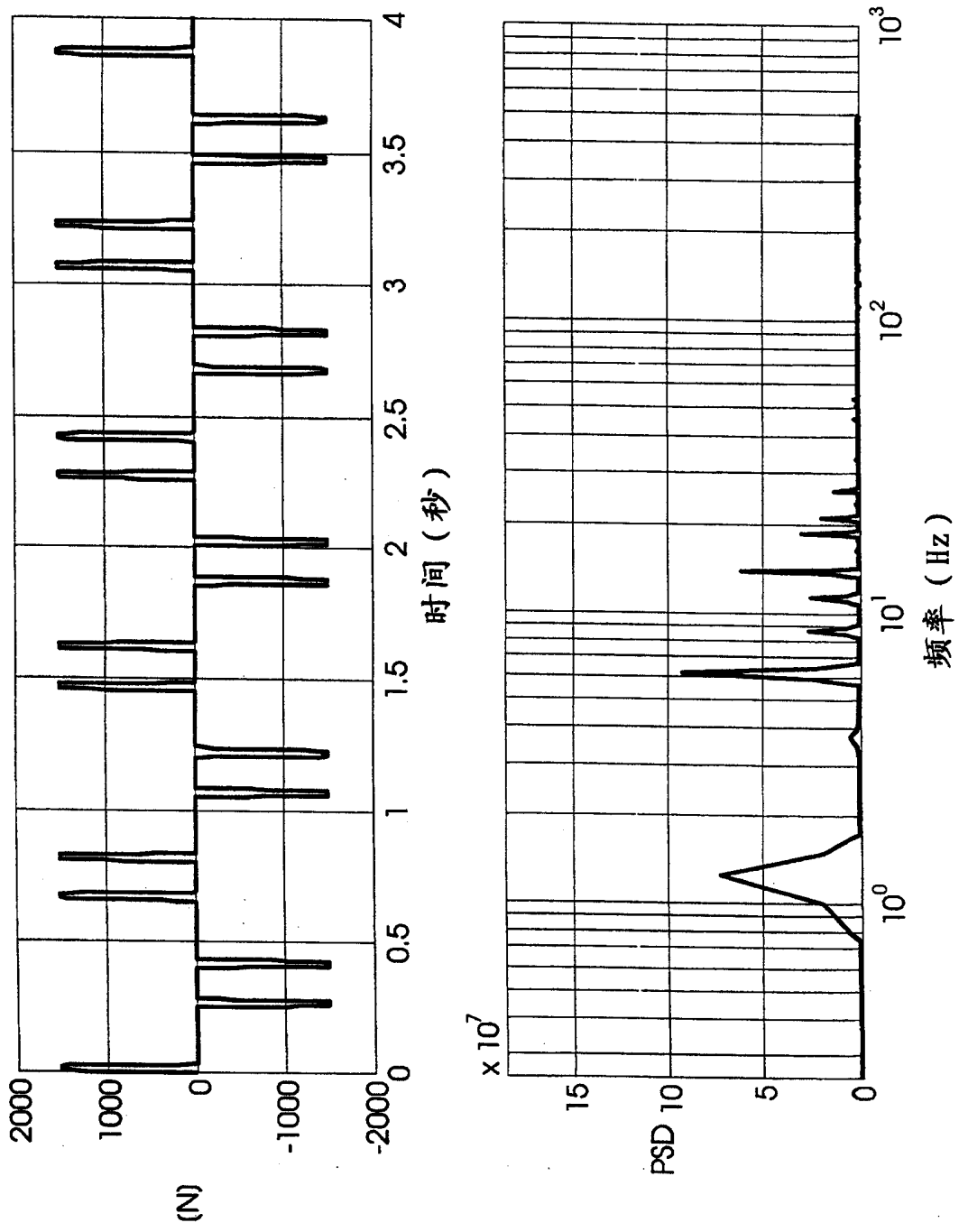


图 4

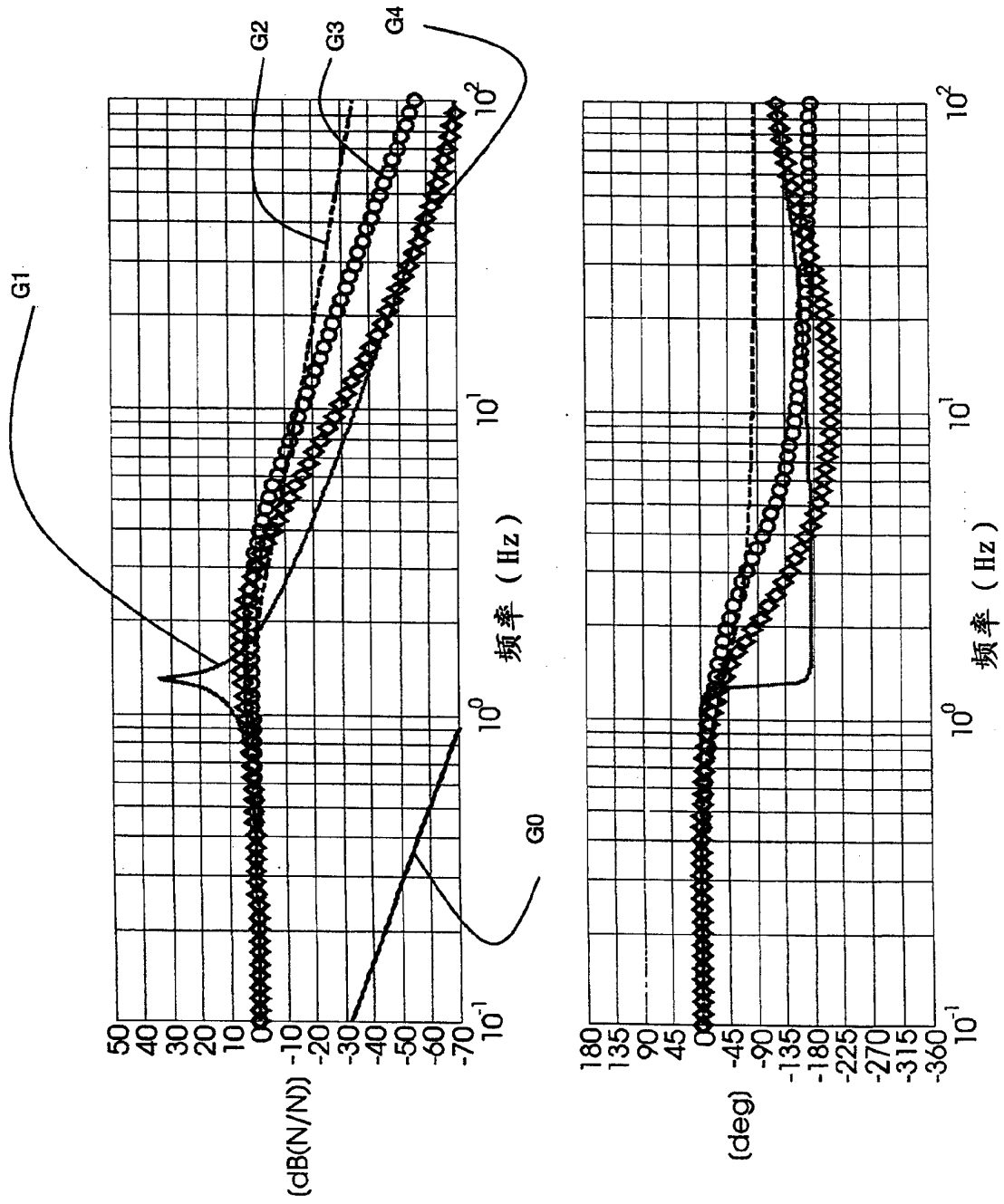


图 5



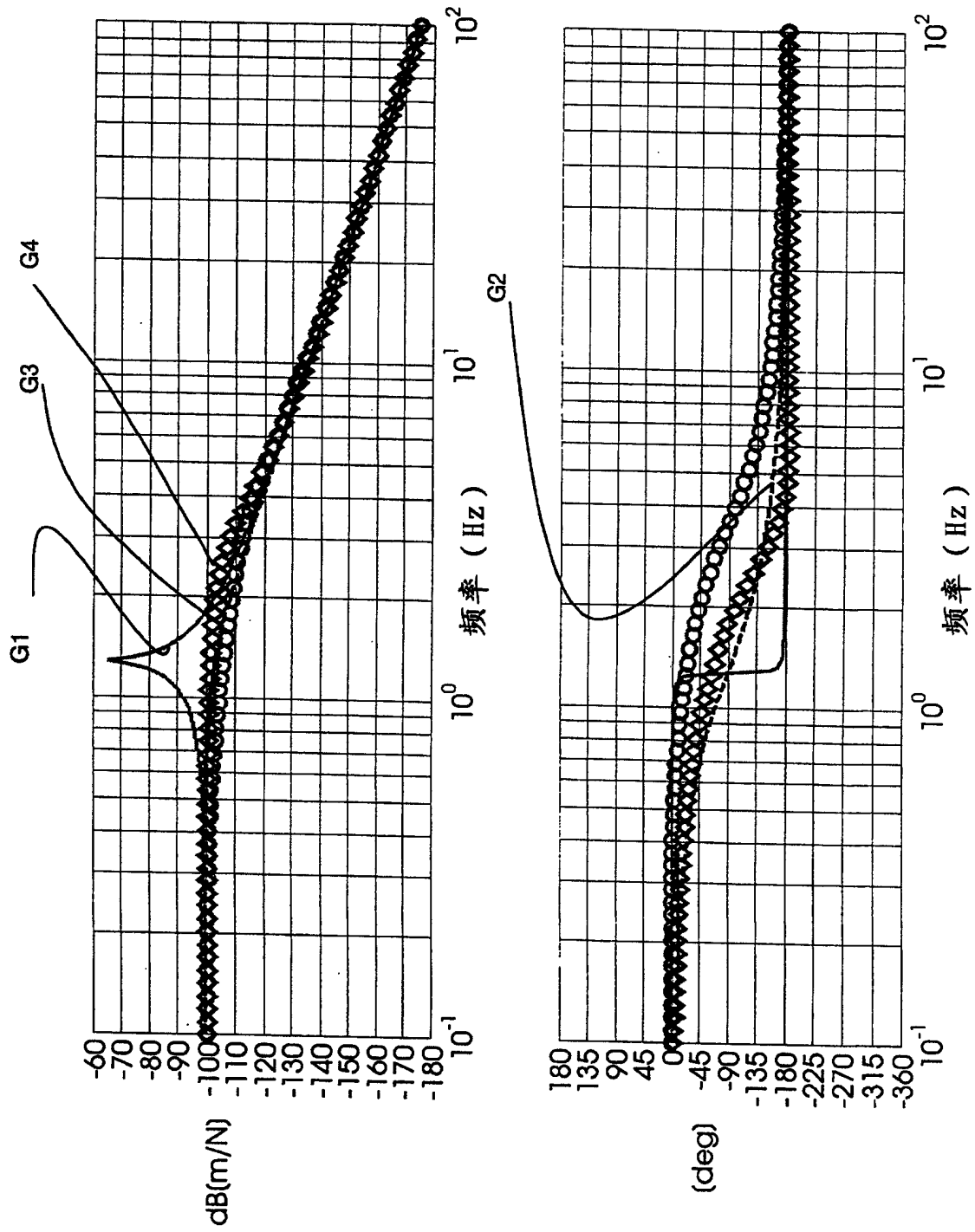


图 6

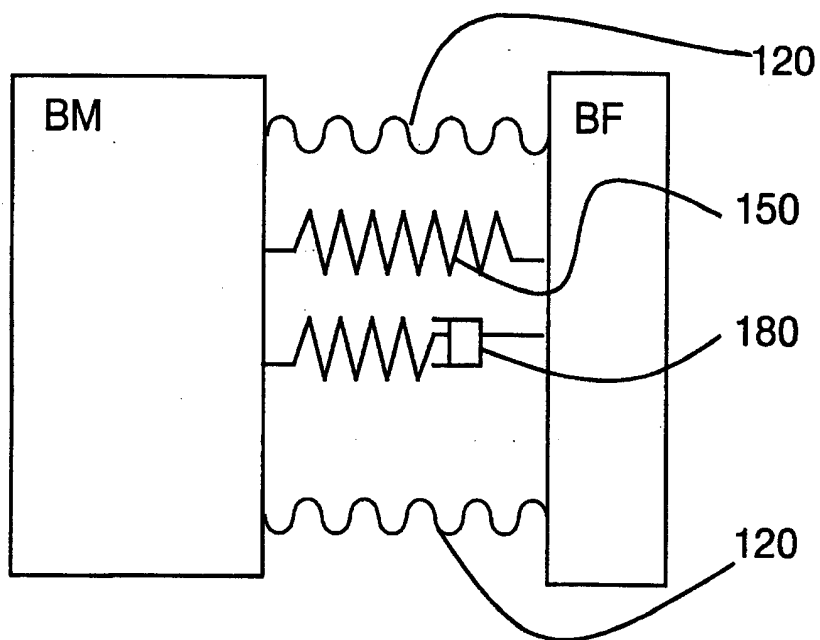
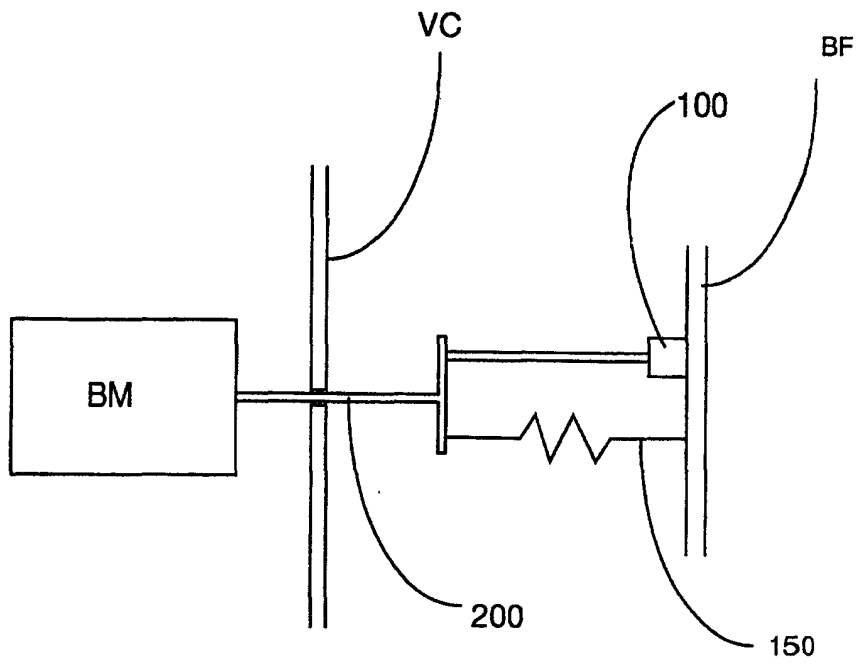
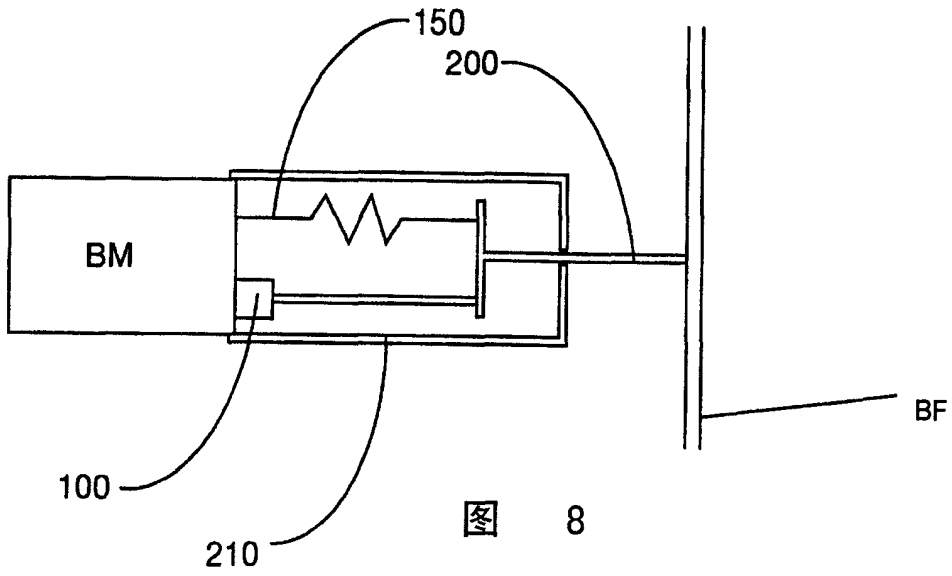


图 7



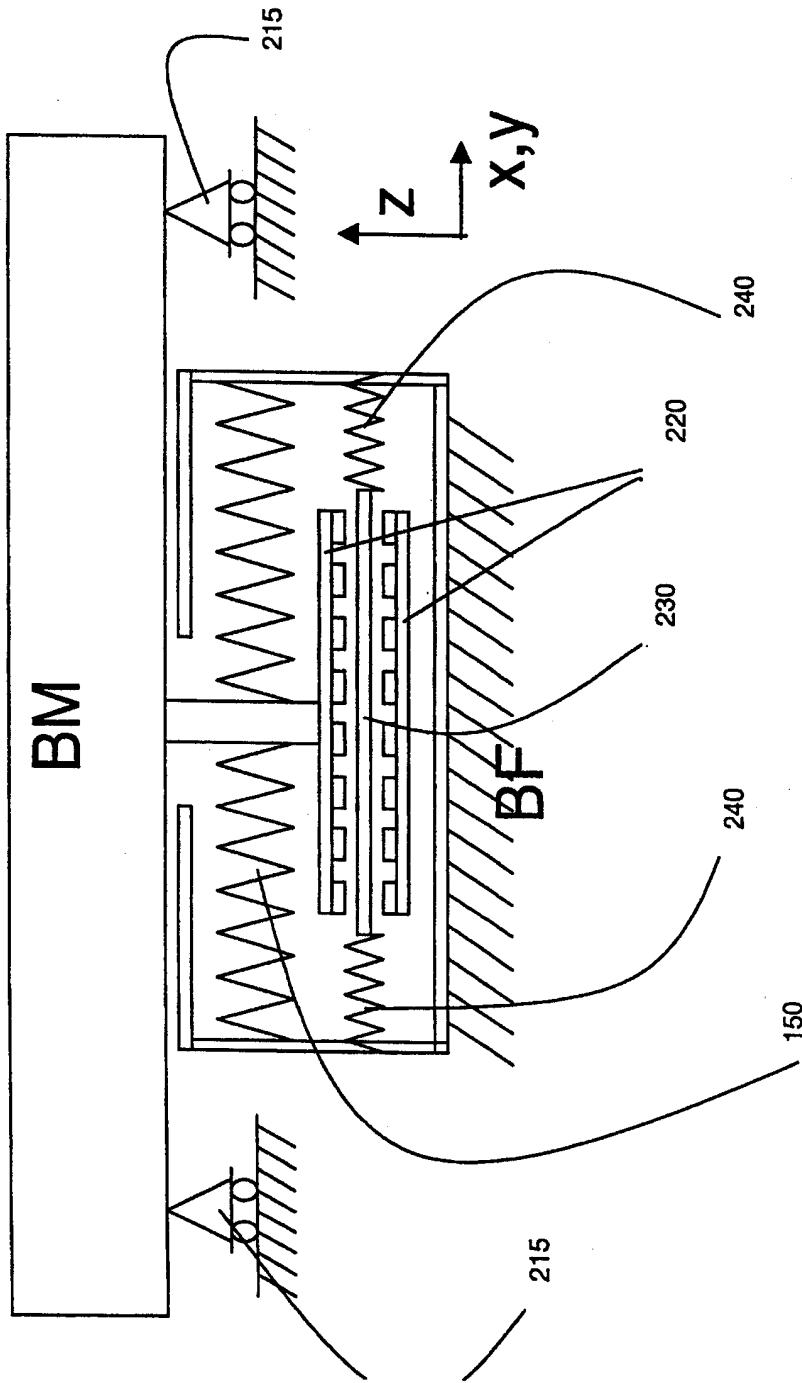


图 10

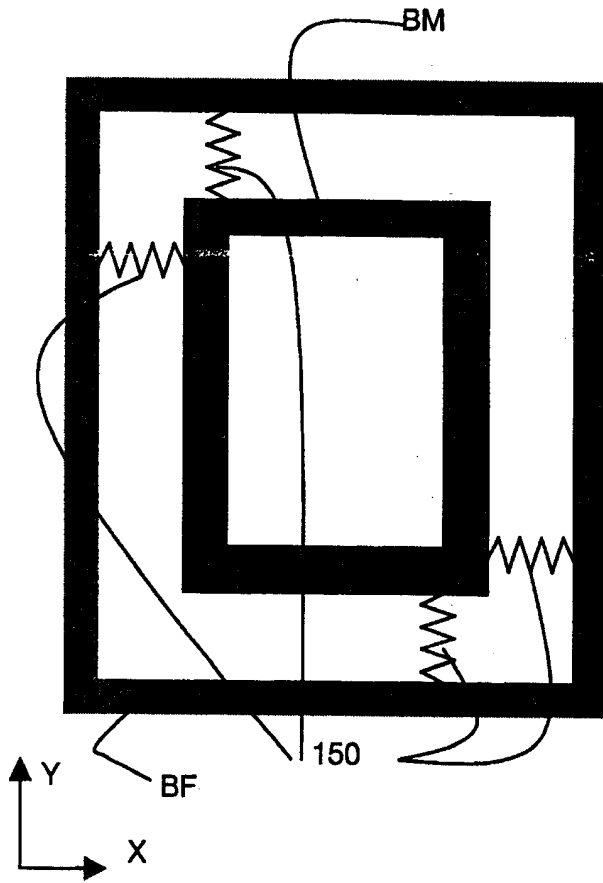


图 11