



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103256332 A

(43) 申请公布日 2013. 08. 21

(21) 申请号 201310142491. 9

(22) 申请日 2013. 04. 23

(71) 申请人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路  
1037 号

(72) 发明人 陈学东 吴文江 徐振高 单玉虎

(74) 专利代理机构 华中科技大学专利中心  
42201

代理人 曹葆青

(51) Int. Cl.

F16F 7/00 (2006. 01)

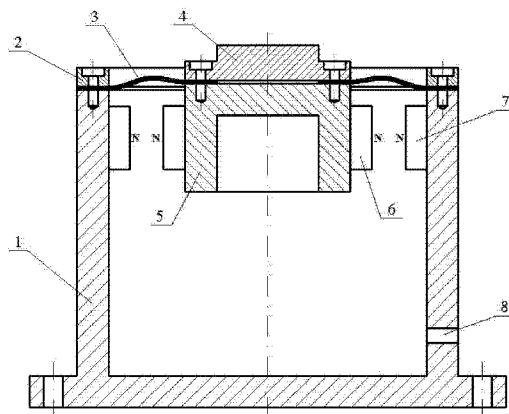
权利要求书1页 说明书3页 附图5页

## (54) 发明名称

一种正负刚度并联减振器

## (57) 摘要

本发明公开了一种结构紧凑的正负刚度并联减振器,属于精密减振领域。该正负刚度并联减振器包括正刚度空气弹簧和负刚度磁弹簧,正刚度空气弹簧和负刚度磁弹簧并联布置,负刚度磁弹簧安装在空气弹簧腔室内。正刚度空气弹簧为圆形腔体或矩形腔体,用于承载。负刚度磁弹簧由内部磁铁、外部磁铁、内磁铁座以及外磁铁座组成,用于降低减振器的动刚度。内部磁铁与外部磁铁呈排斥布置。该正负刚度并联减振器具有高静刚度低动刚度的特点,使得减振器具有大的承载力小的静态变形的同时能有效隔离超低频振动。



1. 一种正负刚度并联减振器,其特征在于,它包括正刚度空气弹簧和负刚度磁弹簧;正刚度空气弹簧用于支承外部负载;负刚度磁弹簧与正刚度空气弹簧并联,用于降低减振器的动刚度。

2. 根据权利要求1所述的正负刚度并联减振器,其特征在于,负刚度磁弹簧利用磁铁排斥布置产生的排斥力作用而形成负的刚度特性。

3. 根据权利要求1或2所述的正负刚度并联减振器,其特征在于,正刚度空气弹簧包括腔室、金属压圈、橡胶膜、活塞和气孔;腔室为中通而上端开口结构,腔体呈圆形,金属压圈为圆环状结构,橡胶膜为圆环状结构;橡胶膜的外环通过金属压圈压紧安装在腔室上;橡胶膜的内环与活塞的一端相连,活塞另一端用于与外部负载相连;圆形气孔位于腔室上,用于与供气系统连通,使供气系统产生的高压气体通过气孔进入腔室,并支承外部负载。

4. 根据权利要求3所述的正负刚度并联减振器,其特征在于,负刚度磁弹簧包括多个磁铁组以及内磁铁座;磁铁组由外部磁铁和内部磁铁径向同轴排斥布置组成;外部磁铁、内部磁铁均位于腔室内;多个外部磁铁呈圆周布置并安装在腔室上,多个内部磁铁呈圆周布置并安装在内磁铁座上;内磁铁座和活塞将橡胶膜的内环压紧并固连。

5. 根据权利要求1所述的正负刚度并联减振器,其特征在于,正刚度空气弹簧包括腔室、金属压圈、橡胶膜、活塞和气孔;腔室为中通而上端开口结构,腔体呈矩形,金属压圈为矩形环状结构,橡胶膜内圈呈圆环状,外圈呈矩形状;橡胶膜的外环通过金属压圈压紧安装在腔室上,橡胶膜的内环与活塞的一端相连,内磁铁座和活塞将橡胶膜的内环压紧并固连,活塞另一端用于与外部负载相连,圆形气孔位于腔室上,用于与供气系统连通,使供气系统产生的高压气体通过气孔进入腔室,支承外部负载。

6. 根据权利要求5所述的正负刚度并联减振器,其特征在于,负刚度磁弹簧包括外磁铁座、内磁铁座和多个磁铁组;磁铁组由外部磁铁和内部磁铁正对排斥布置组成;外部磁铁、外磁铁座、内部磁铁、内磁铁座均位于腔室内,外磁铁座和内磁铁座均为矩形框架结构。外部磁铁为矩形磁铁,多个外部磁铁并排安装在外磁铁座的内壁上,且相邻的外部磁铁呈吸引布置;内部磁铁为矩形磁铁,多个内部磁铁并排安装在内磁铁座的外壁上,且相邻的内部磁铁呈吸引布置。

## 一种正负刚度并联减振器

### 技术领域

[0001] 本发明属于精密减振领域,具体涉及一种正负刚度并联减振器。本发明所涉及的正负刚度并联减振器结构紧凑,具有高静刚度低动刚度的特点。

### 背景技术

[0002] 随着超精密加工与测量设备对振动的要求越来越严格,提高减振器的性能变得越来越重要。引入振动主动控制和降低减振器刚度是提高减振性能的两种有效的方法。

[0003] 振动主动控制能有效衰减系统固有频率附近频带范围内的振动,但对高频振动的衰减无作用。降低减振器刚度可以提高整个隔振带宽,提升对高频振动的衰减作用。传统的低刚度弹簧减振器由于其刚度较低,对一定负载的静态偏移量较大。采用正负刚度并联方法所设计的减振器具有高静刚度低动刚度的技术特点。正刚度弹簧用于承载,负刚度弹簧用于降低减振器的刚度。负刚度弹簧由于其不稳定性,不能单独使用,须与正刚度弹簧并联。

[0004] 世界知识产权组织出版的专利文献 W095/20113 提供的超低频减振器包含机械式负刚度弹簧,该负刚度弹簧是利用压杆原理形成的一种负刚度机构。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种正负刚度并联减振器,该正负刚度并联减振器结构紧凑,具有高静刚度低动刚度的特性。

[0006] 本发明提供的一种正负刚度并联减振器,包括正刚度空气弹簧和负刚度磁弹簧。正刚度空气弹簧用于支承外部负载;负刚度磁弹簧与正刚度空气弹簧并联,用于降低减振器的动刚度。

[0007] 本发明所提供正负刚度并联减振器中的负刚度磁弹簧利用磁铁排斥布置布置产生的排斥力作用而形成负的刚度特性。

[0008] 作为上述技术方案的一种改进,正刚度空气弹簧包括腔室、金属压圈、橡胶膜、活塞和气孔;腔室为中空而上端开口结构,腔体呈圆形时金属压圈为圆环状结构,且橡胶膜为圆环状结构;腔体呈矩形时金属压圈为矩形环状结构,且橡胶膜内圈呈圆环状,外圈呈矩形状;橡胶膜的外环通过金属压圈压紧安装在腔室上,橡胶膜的内环与活塞的一端相连,活塞另一端用于与外部负载相连;圆形气孔位于腔室上,用于与供气系统连通,使供气系统产生的高压气体通过气孔进入腔室,并支承外部负载。

[0009] 作为上述技术方案的进一步改进,负刚度磁弹簧包括多个磁铁组以及内磁铁座;磁铁组由外部磁铁和内部磁铁径向同轴排斥布置组成;外部磁铁、内部磁铁均位于腔室内;多个外部磁铁呈圆周布置并安装在腔室上,多个内部磁铁呈圆周布置并安装在内磁铁座上;内磁铁座和活塞将橡胶膜的内环压紧并固连。

[0010] 作为上述技术方案的另一种进一步改进,负刚度磁弹簧包括外磁铁座、内磁铁座和多个磁铁组;磁铁组由外部磁铁和内部磁铁正对排斥布置组成;外部磁铁、外磁铁座、内

部磁铁、内磁铁座均位于腔室内,外磁铁座和内磁铁座均为矩形框架结构。外部磁铁为矩形磁铁,多个外部磁铁并排安装在外磁铁座的内壁上,且相邻的外部磁铁呈吸引布置;内部磁铁为矩形磁铁,多个内部磁铁并排安装在内磁铁座的外壁上,且相邻的内部磁铁呈吸引布置。

[0011] 本发明提供的正负刚度并联减振器应用于超低频精密减振领域,克服了一般减振器无法实现或难以实现超低频减振的缺点,能为超精密加工与测量设备提供平稳的工作环境,适用于对低频振动敏感的超精密加工与测量设备。

#### 附图说明

[0012] 图1为本发明第一实施例的结构示意图;

[0013] 图2为本发明第一实施例的三维剖视示意图;

[0014] 图3为本发明第一实施例中负刚度磁弹簧的原理图;

[0015] 图4为本发明第一实施例中负刚度磁弹簧的结构示意图。

[0016] 图5为本发明第二实施例的三维剖视示意图;

[0017] 图6为本发明第二实施例中负刚度磁弹簧的二维结构示意图;

[0018] 图7为本发明第二实施例中负刚度磁弹簧的三维结构示意图;

#### 具体实施方式

[0019] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步说明。在此需要说明的是,对于这些实施方式的说明用于帮助理解本发明,但并不构成对本发明的限定。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0020] 图1为本发明所提供正负刚度并联减振器第一实施例的结构示意图。图2为本发明第一实施例的三维剖视示意图。

[0021] 如图1和图2所示,本发明第一实施例所提供的正负刚度并联减振器包括正刚度空气弹簧和负刚度磁弹簧,正刚度空气弹簧和负刚度磁弹簧并联布置。

[0022] 正刚度空气弹簧包括腔室1、金属压圈2、橡胶膜3、活塞4和气孔8。腔室1为中通而上端开口结构,腔体呈圆形,使用时其底部通过圆周分布的螺钉与外部基础框架连接。金属压圈2为圆环状结构,橡胶膜3为圆环状结构。橡胶膜3的外环通过金属压圈2压紧安装在腔室1上,橡胶膜3的内环通过螺钉与活塞4的一端相连,内磁铁座5和活塞4将橡胶膜3的内环压紧并通过螺钉固连,活塞4另一端用于与外部负载相连。圆形气孔8位于腔室1上,用于与供气系统连通,供气系统产生的高压气体通过气孔8进入腔室1,支承外部负载。

[0023] 外部磁铁7和内部磁铁6径向同轴排斥布置组成一个磁铁组。负刚度磁弹簧包括多个这样的磁铁组以及内磁铁座5。外部磁铁7、内部磁铁6均位于腔室1内。多个外部磁铁7呈圆周布置并安装在腔室1上,多个内部磁铁6呈圆周布置并安装在内磁铁座5上。内磁铁座5和活塞4将橡胶膜3的内环压紧并通过螺钉固连。

[0024] 图3为本发明第一实例所提供正负刚度并联减振器中负刚度磁弹簧的原理图。外部磁铁7被固定安装在腔室1上,内部磁铁6与内磁铁座5固连,可在轴向(z向)运动。内部磁铁6与外部磁铁7排斥布置。图示位置为所提供正负刚度并联减振器的预定工作位

置,当内部磁铁6与内磁铁座5在z向有运动位移,随着位移增大其受到外部磁铁7在z方向的作用力会先增大后减小。在作用力增大的位移范围内,形成负的刚度特性。

[0025] 图4为本发明第一实例所提供正负刚度并联减振器中负刚度磁弹簧的结构示意图。外部磁铁7为瓦形磁铁,周分布安装在腔室1上,磁化方向为径向。内部磁铁6为瓦形磁铁,周分布安装在内磁铁座5上,磁化方向为径向。内部磁铁6与外部磁铁7磁化方向在径向相反,形成排斥作用,且相邻的内部磁铁6呈排斥布置,相邻的外部磁铁7呈排斥布置。

[0026] 图5为本发明第二实施例的三维结构示意图。

[0027] 腔室1为中通而上端开口结构,腔体呈矩形,使用时其底部通过四个周分布的螺钉与外部基础框架连接。金属压圈2为矩形环状结构,橡胶膜3内圈呈圆环状,外圈呈矩形状。橡胶膜3的外环通过金属压圈2压紧安装在腔室1上,橡胶膜3的内环通过螺钉与活塞4的一端相连,内磁铁座5和活塞4将橡胶膜3的内环压紧并通过螺钉固连,活塞4另一端用于与外部负载相连。圆形气孔8位于腔室1上,用于与供气系统连通,供气系统产生的高压气体通过气孔8进入腔室1,支承外部负载。腔室1的上端内壁开有矩形槽,外磁铁座9安装在腔室1上的矩形槽上。

[0028] 图6为本发明第二实施例中负刚度磁弹簧的二维结构示意图。图7为本发明第二实施例中负刚度磁弹簧的三维结构示意图。

[0029] 如图6和图7所示,外部磁铁7和内部磁铁6正对排斥布置组成一个磁铁组。负刚度磁弹簧包括多个这样的磁铁组以及外磁铁座9和内磁铁座5。外部磁铁7、外磁铁座9、内部磁铁6、内磁铁座5均位于腔室1内。外磁铁座9和内磁铁座5均为矩形框架结构。外部磁铁7为矩形磁铁,多个外部磁铁7并排安装在外磁铁座9的内壁上,且相邻的外部磁铁7呈吸引布置;内部磁铁6为矩形磁铁,多个内部磁铁6并排安装在内磁铁座5的外壁上,且相邻的内部磁铁6呈吸引布置。

[0030] 以上所述为本发明的较佳实施例而已,但本发明不应该局限于该实施例和附图所公开的内容。所以凡是不脱离本发明所公开的精神下完成的等效或修改,都落入本发明保护的范围。

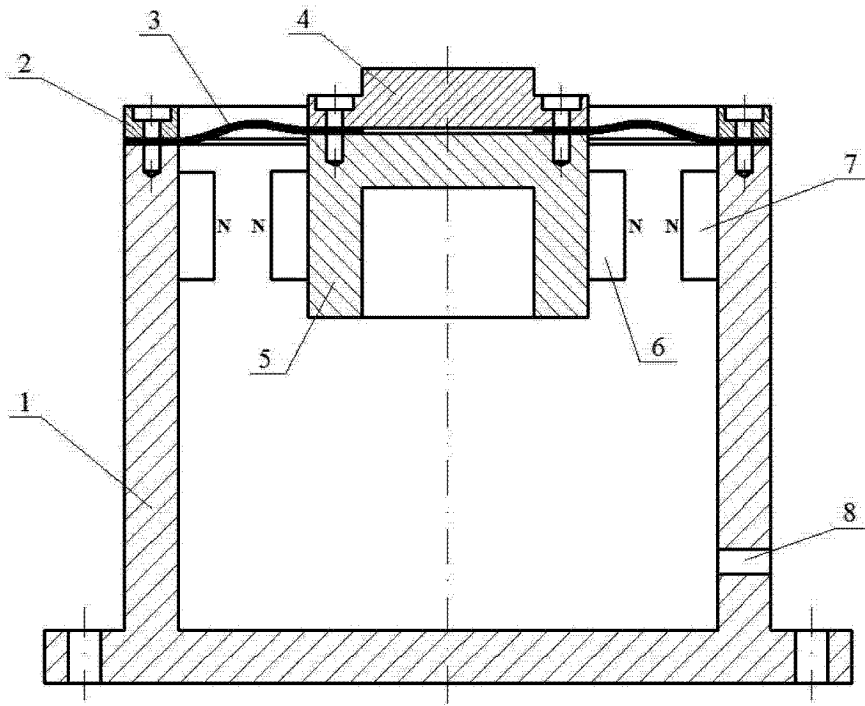


图 1

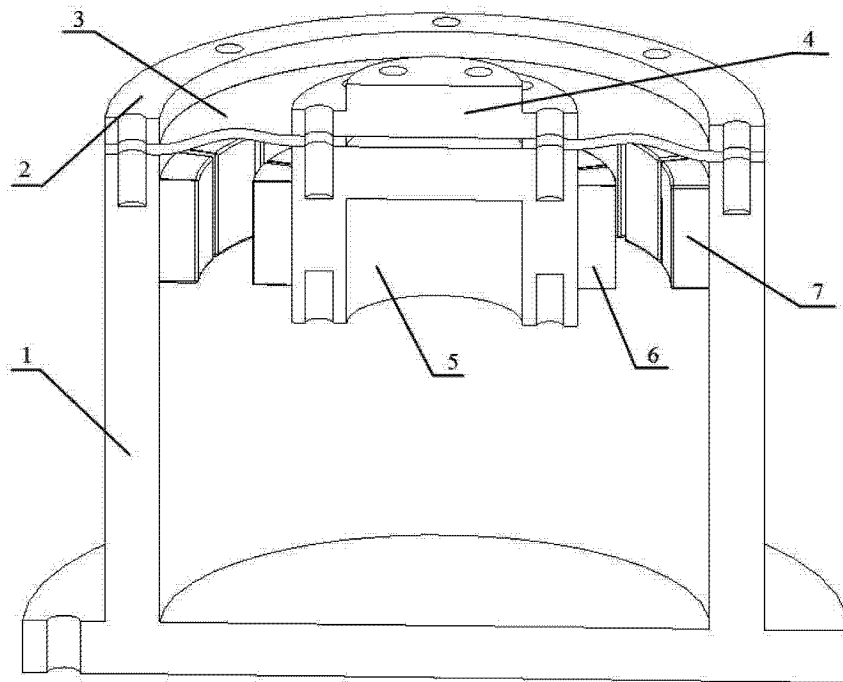


图 2

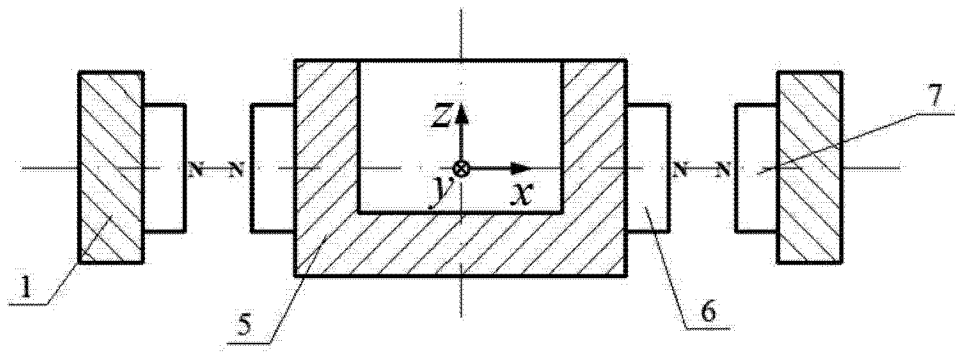


图 3

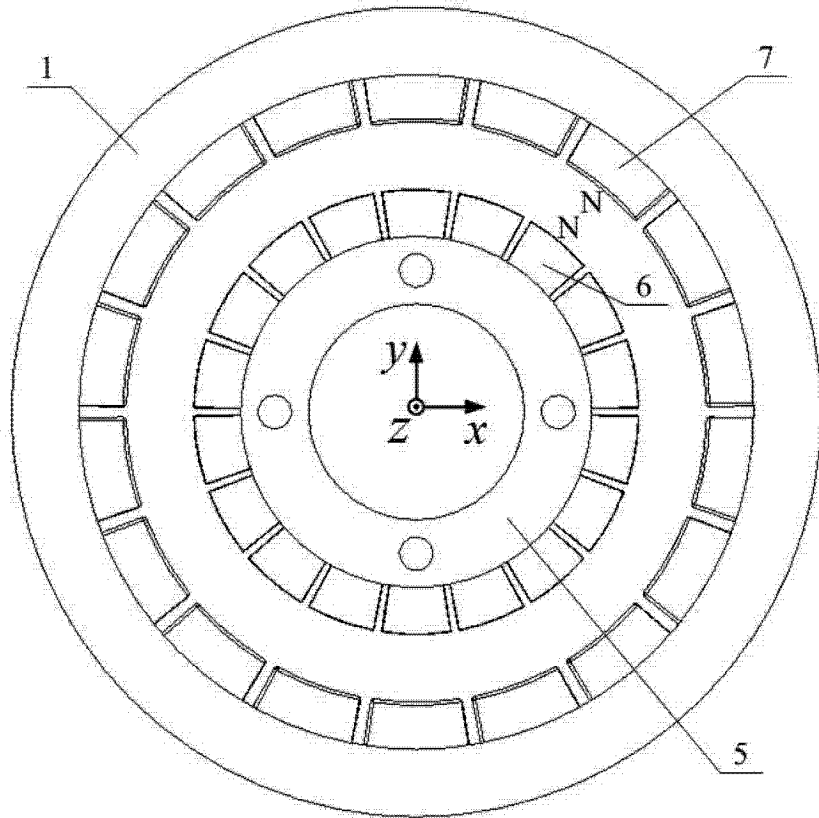


图 4

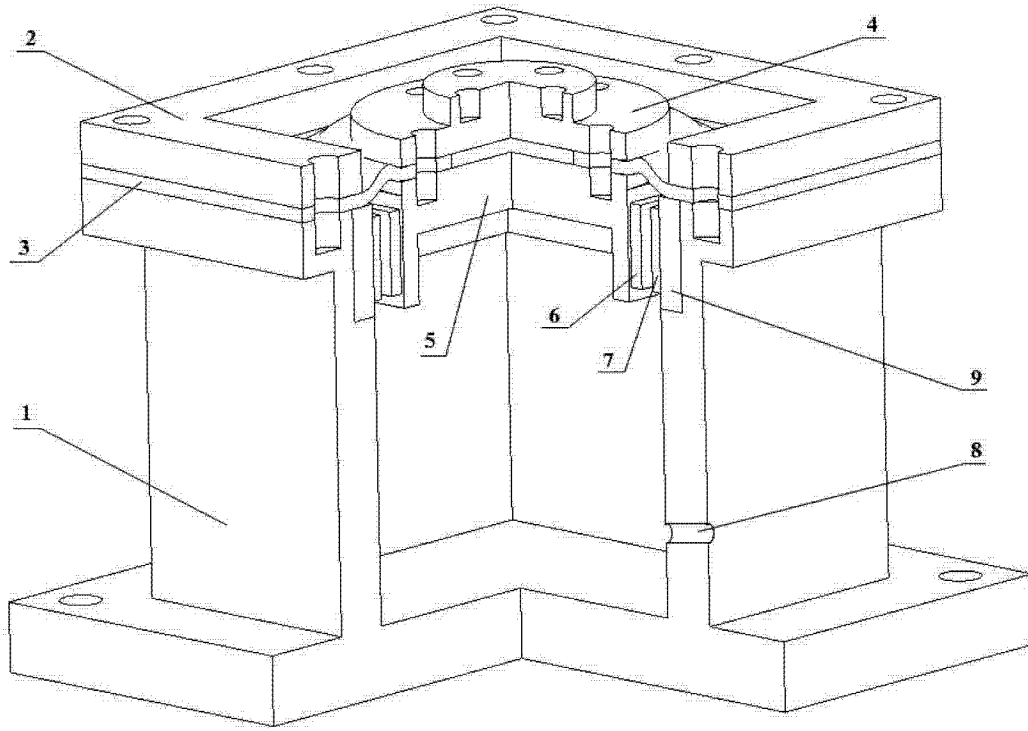


图 5

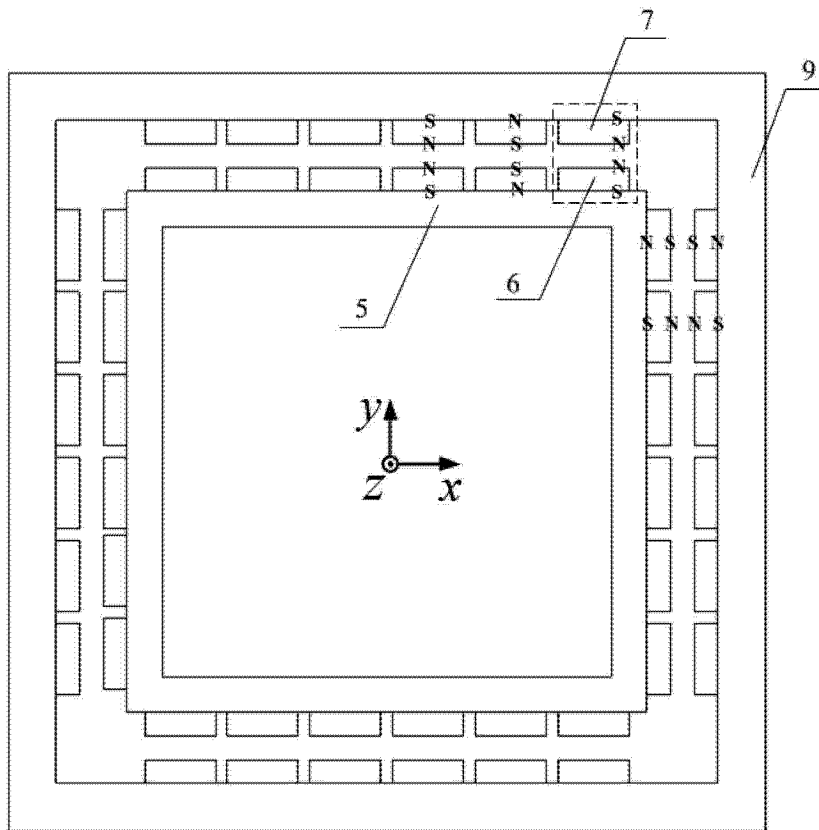


图 6

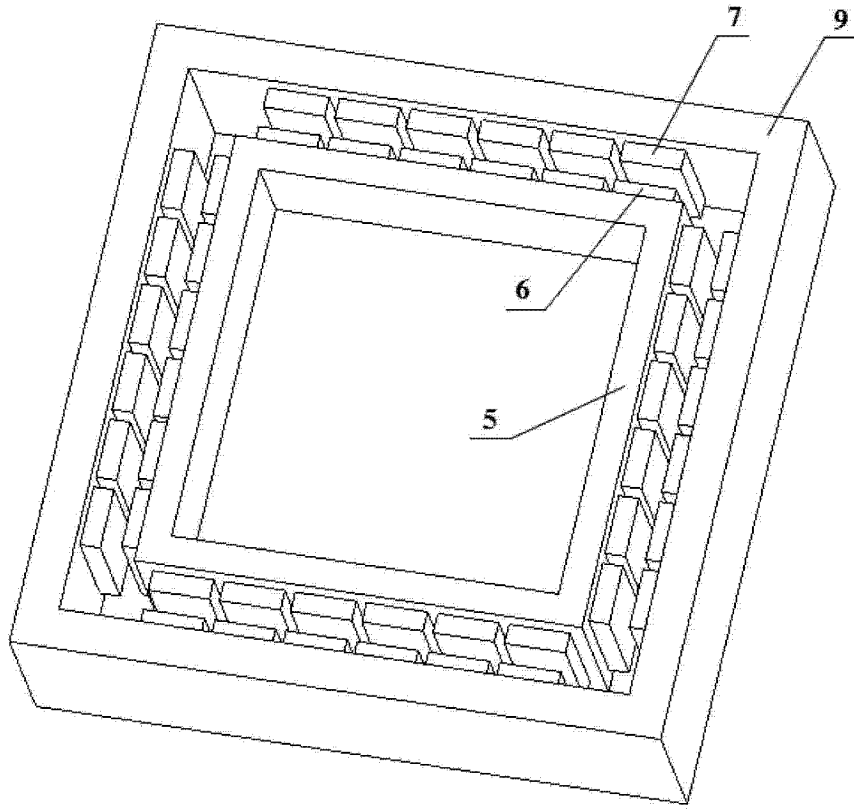


图 7