

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H02K 37/10 (2006.01)

H02P 8/00 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200610067779.4

[43] 公开日 2006年10月18日

[11] 公开号 CN 1848628A

[22] 申请日 2006.3.15

[21] 申请号 200610067779.4

[71] 申请人 张金铭

地址 101101 北京市通州区西潞苑小区 67 号  
楼 331 号

[72] 发明人 张金铭

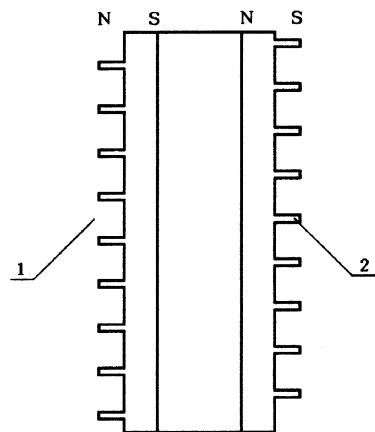
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 7 页

## [54] 发明名称

直线步进电机和驱动电路

## [57] 摘要

直线步进电机中永磁体的结构。在直线步进电机中永磁体的功能面上，设置一个以上的 NS 极区域，NS 极区域延线圈的轴向的垂直方向，按相互间隔的方式排列，在接近线圈的功能面上设置齿，齿槽与线圈的轴向垂直，不同极性区域的齿与齿之间，错开二分之一的齿距。经过改造后的直线步进电机中永磁体的结构，其与直线步进电机线圈上电极的关系特征是：以永磁体上齿距的二分之一，为一个绕组的宽度，多个绕组组合成电机的线圈，相邻绕组的线头按缠绕顺序头尾相连，连接点成为电极。



1、一种直线步进电机，它涉及到直线步进电机中，永磁体的形状和结构，其特征是：在直线步进电机中永磁体接近线圈的面上，设置一个以上的 N S 极区域，N S 极区域延线圈的轴向的垂直方向，按相互间隔的方式排列，并在接近线圈的面上设置齿，齿槽与线圈的轴向垂直，不同极性区域的齿与齿之间，错开二分之一的齿距。

2、一种直线步进电机，它涉及到在直线步进电机中，永磁体的形状和结构，其特征是：一个与线圈形状相似的软磁体，在靠近线圈一面的表面，与线圈轴线垂直的排列条型永磁体形成圈状；或直接使用圈状永磁体与线圈轴线垂直安置，永磁体 NS 级的方向，与软磁体的表面垂直，以 N S 极间隔的形势，按照线圈上电极间距两倍的距离，设置多圈永磁体，形成齿结构的功能面。

3、一种直线步进电机，它涉及到在直线步进电机中，永磁体的形状和结构，其特征是：永磁体 NS 极的方向与线圈的轴向平行，多个永磁体形成直线步进电机中永磁结构，永磁结构中，单个永磁体之间同极相邻，长度相等，而且可以被线圈上电极之间的间距整除。

4、一种直线步进电机，它涉及到在直线步进电机中，永磁体的形状和结构，其特征是：永磁体 NS 极的方向与线圈的轴向平行，多个永磁体形成直线步进电机中永磁结构，永磁结构中，单个永磁体之间同极相邻，并用软磁体间隔，单个永磁体与一个软磁体，组成直线步进电机上永磁结构中的一段，每段长度相等，而且可以被线圈上电极之间的间距整除。

5、一种多组、双向性直线步进电机的驱动电路，它包括振荡器、移位寄存器和步进电机驱动电路，其特征是：振荡器(P)产生的脉冲信号送入移位寄存器

(Y)，在移位寄存器(Y)上建立两个间距相同的一位脉冲信号，移位寄存器(Y)的位数等于，直线步进电机上永磁结构中，两段单个永磁体的长度范围内，线圈上电极的个数，按移位寄存器(Y)的位数，平均分成两组，根据每组的个数，联接到并联在一起的二极管的N级和步进电机驱动电路的输入端，(A)组二极管的P级，连接(B)组步进电机驱动电路的输出端，(B)组二极管的P级连接，(A)组步进电机驱动电路的输出端，(A)组、(B)组二极管的P级也是直线步进电机的输出端，它与按移位寄存器(Y)的位数循环排序的、同位并联在一起的、电机线圈上的电极连接。

6、一种直线步进电机，它涉及到在直线步进电机中，线圈和线圈上的电极与永磁体形状和结构的关系，其特征是：直线步进电机线圈上的电极，以永磁体上齿距的二分之一为一个绕组的宽度，多个绕组组合成电机的线圈，相邻绕组的线头按缠绕顺序头尾相连，连接点成为电极，在将电极按A B a b的顺序循环排序，相同的序号并联在一起。

7、根据权利要求1、2所述的直线步进电机，其特征是：所述永磁体的功能面上的齿，可以是正方形、巨型、三角形、梯形、半圆形。

8、根据权利要求4所述的直线步进电机，其特征是：所述软磁体可以突出于永磁体部分，突出的部分，可以是正方形、巨型、三角形、梯形、半圆形。

## 直线步进电机和驱动电路

### 技术领域

本发明涉及到永磁式直线步进电机的永磁结构和驱动电路。

### 背景技术

直线步进电机，是自动化机械领域梦寐以求的东西，被人们称之为“肌肉”，但是现在大多数是使用气压、液压缸和减速电机来代替，这会出现运动速度不理想的问题。申请号为 02100723.3 的发明专利，公开了的一种《永磁式简易步进电机》中，提供了直线步进电机的一种雏形，由于不够完善，没有被推广。它的主要缺点是：线圈与永磁体之间的定位力度不够强，在使用时容易发生错位。驱动电路也比较复杂。还不能达到实用水平。

### 发明内容

本发明的目的是：通过对直线步进电机中永磁体的改造，使线圈与永磁体之间的定位力度加强，能达到一般使用要求。使驱动电路简单化。

本发明的目的可以使用以下方式实现：

第一种，在直线步进电机中永磁体接近线圈的面上，设置一个以上的 N S 极区域，N S 极区域延线圈的轴向的垂直方向，按相互间隔的方式排列，在接近线圈的面上设置齿，齿槽与线圈的轴向垂直，不同极性区域的齿与齿之间，错开二分之一的齿距。

第二种，一个与线圈形状相似的软磁体，在靠近线圈一面的表面，与线圈轴线垂直的排列条型永磁体或圈状永磁体，永磁体 NS 级的方向，与软磁体的表

面垂直，以 N S 极间隔的形势，按照线圈上电极间距两倍的距离，形成齿结构的功能面。

第三种，永磁体 NS 极的方向与线圈的轴向平行，多个永磁体形成直线步进电机中永磁结构，永磁结构中，单个永磁体之间同极相邻，长度相等，而且可以被线圈上电极之间的间距整除。

第四种，永磁体 NS 极的方向与线圈的轴向平行，多个永磁体形成直线步进电机中永磁结构，永磁结构中，单个永磁体之间同极相邻，并用软磁体间隔，单个永磁体与一个软磁体，组成直线步进电机上永磁结构中的一段，每段长度相等，而且可以被线圈上电极之间的间距整除。

一种多组、双向性直线步进电机的驱动电路，它包括振荡器、移位寄存器和步进电机驱动电路：振荡器(P)产生的脉冲信号送入移位寄存器(Y)，在移位寄存器(Y)上建立两个间距相同的一位脉冲信号，移位寄存器(Y)的位数等于，直线步进电机上永磁结构中，两段单个永磁体的长度范围内，线圈上电极的个数，按移位寄存器(Y)的位数，平均分成两组，根据每组的个数，联接到并联在一起的二极管的 N 级和步进电机驱动电路的输入端，(A)组二极管的 P 级，连接(B)组步进电机驱动电路的输出端，(B)组二极管的 P 级连接，(A)组步进电机驱动电路的输出端，(A)组、(B)组二极管的 P 级也是直线步进电机的输出端，它与按移位寄存器(Y)的位数循环排序的、同位并联在一起的、电机线圈上的电极连接。

一种直线步进电机，它涉及到在直线步进电机中，线圈和线圈上的电极与永磁体形状和结构的关系：直线步进电机线圈上的电极，以永磁体上齿距的二分之一为一个绕组的宽度，多个绕组组合成电机的线圈，相邻绕组的线头按缠

绕顺序头尾相连，连接点成为电极，在将电极按 A B a b 的顺序循环排序，相同的序号并联在一起。

在第一、二、四种永磁体的形状和结构的直线步进电机中，永磁体的功能面上的齿，可以是方形、巨型、三角形、梯形、半圆形。

在第三种，永磁体的形状和结构的直线步进电机中，所述软磁体可以突出于永磁体部分，突出的部分，可以是正方形、巨型、三角形、梯形、半圆形。

本发明的优点是：加强了线圈与永磁体之间的定位力度，达到一般使用要求，由于它是非线性直线运动电机，又有速度的优势，改造后它的性能，高于气压、液压缸和减速电机。经过对永磁体结构的改变，使线圈的驱动电路更为简单，在多数情况下，可以使用现有的集成电路，大大降低了驱动电路的制作难度。设计的 N S 极大间距永磁体结构，适用于大型、大功率、高速直线步进电机，并可以使这种电机的线圈制作难度降低，不再必需使用薄线线圈了，它适用于发射器和航天发射器。利用 N S 极大间距结构富裕出的空间，设计的磁极翻转或隐藏结构，可以用于直线步进电机减速，并可以回收能量。这功能适合于用在磁悬浮列车上。

### 附图说明

下面结合附图对本发明作详细地描述。

图 1 是直线步进电机中永磁体的结构图。

图 2、图 3、图 4、图 5，是四种直线步进电机中永磁体的结构的俯视图。

图 6 是直线步进电机中永磁体 N S 极大间距结构的剖视图。

图 7 是直线步进电机中永磁结构与线圈、电极的关系图。

图 8 是直线步进电机中又软磁体的永磁结构与线圈、电极的关系图。

图 9 是多组、双向性直线步进电机驱动电路的方块图。

图 10、11、12、13 所示的是电机线圈的一种驱动方法的示意图。

下面结合附图详细描述，直线步进电机中永磁体的结构，以及演化出的相同原理的其它结构和相关的应用。

如图 1 所示，在直线步进电机中永磁体接近线圈的功能面上(1)，设置一个以上的 NS 极区域，NS 极区域延线圈的轴向的垂直方向，按相互间隔的方式排列，在接近线圈的功能面上设置齿(2)，齿槽与线圈的轴向垂直，不同极性区域的齿与齿之间，错开二分之一的齿距。

图 2 是在权利要求 1 的范围内，的一种组合形式，它是由单个磁体制成的、实芯的直线电机永磁体，它适合用来制作微型的直线步进电机，制作相对比较简单，可以把沟槽(2)只设置在磁性比较强的位置。

图 3 是在权利要求 1 的范围内，的另一种组合形式，它与图 2 所示的相似，只是两个半圆的永磁体扣在一起，这种组合形式与上一种组合形式相比，永磁体的磁性大、便于连接被驱动的器件。

图 4 是也在权利要求 1 的范围内，的另一种组合形式，它的是组合式的直线电机永磁体的结构，采用这种结构磁性强、电机可做大可做小，属于常用型。

图 5 也是在权利要求 1 的范围内，的另一种组合形式，它是内功能面、开放式的结构。可以把被带动物体直接固定在线圈内，这样可以压缩电机的长度。它也适合于多台电机同步推动同一个物体。

图 6 是与前面几种原理相同、结构不同、用途不同的永磁体 NS 极大间距结构的剖视图。它适合制造磁悬浮轨道步进电机发射器。

一个与线圈形状相似的软磁体(5)，在靠近线圈(8)一面的表面，与线圈(8)

轴线垂直的排列条型永磁体(6)形成圈状；或直接使用圈状永磁体(6)与线圈(8)轴线垂直安置，永磁体(6)NS级的方向，与软磁体(5)的表面垂直，以N S极间隔的形势，按照线圈(8)上电极(7)间距两倍的距离，设置多圈永磁体，形成齿结构的功能面。

由于这种结构的永磁体可以设计成大间距的，使电机的每步距离长加长，线圈上的电极密度减小，这可以使电机的线圈制作难度降低，不再必需使用薄线圈，使用普通的漆包线就可以，以软磁体(5)上永磁体(6)间距的二分之一为一个绕组的宽度，多个绕组组合成电机的线圈，相邻绕组的线头按缠绕顺序相连，连接点成为线圈上的驱动电极。

这种结构的直线步进电机，更是合作为发射器使用，它可以推动枪炮的弹药；或把火箭先送上天空，在点火制导；也可以用于推动大型物体，如磁悬浮列车、航天发射器。

作为航天发射器，磁悬浮轨道步进电机推进器可以满足速度、动力、成本等相关条件的。

速度：直线步进电机是利用电磁现象，通过改变线圈通电部分在线圈中的位置，使线圈和永磁体之间产生位移的，线圈通电部分在线圈中位置的改变是由数字电路控制线圈上的电极实现的，也就是电极的变换频率，决定直线步进电机的运行速度，现在的集成电路片基本上全可以在兆极以上的频率使用，试想：永磁体的间距是 0.04，线圈上电极的间距是 0.02 米，电极变换频率的是 1000000hz，

$$1000000 \times 0.02 = 20 \text{ 千米/秒}$$

磁悬浮轨道步进电机推进器的速度将达到 20 千米/秒，如此高速前所未有、



难以想象、现阶段足以够用，而且这远远不是直线步进电机运行速度的极限，可用变频的方法使电机逐渐达到所需要的发射速度。

**动力：**直线步进电机动力的大小，取决于线圈与磁体作用面积的大小。可根据被运送物体的质量设计线圈与磁场的作用面。

**成本：**与火箭推进器相比，直线步进电机发射器要增加的设施有：发射轨道和设置在航天器表面的线圈，在航天器上正加了线圈的重量。减去的有：燃料舱、燃料、发动机和它们的重量。火箭推进器的有效载荷，与火箭推进器重量的比大约是 1 比 100，直线步进电机发射器是把推进器部分设在了地面，减少了大量的负荷，可以降低发射成本。U 型轨道可以高频率的反复使用，使用材料主要是永磁体和铁板。

**设想：**在两山之间设计一个 U 型的磁悬浮轨道，U 型轨道的一端为入轨口，一端为发射口。采用 U 型轨道的优点是：航天器进入轨道后在重力和电磁的作用下，能迅速加速，这样可以缩短发射轨道的距离，发射器的 U 型轨道依山而建，可以降低发射器的成本，当航天器的速度加到需要的速度时，出了发射器口，也可以把线圈部分在这时与航天器脱离，进一步减轻负荷。航天器就可以轻松的直奔太空了。

要完成直线步进电机发射器的设计，还有一个重要环节，就是直线步进电机电能供给问题。解决这个问题有以下两种方法：

一种方法是：在轨道上铺设高压电极，在航天器上设置尖锐的导电棒，航天器运行时，在导电棒与高压电极之间，沿途喷洒导电气体，使空气更易击穿，导电棒接收到能量后再转化成稳定的电能。

另一种方法是：轨道用线圈铺设，航天器上安装永磁体。这样轨道铺设成

本可能会增加，在运行时可能会多消耗一些电能。

相同原理的、永磁体 N S 极大间距结构，以及磁悬浮轨道步进电机推进器在磁悬浮列车方面的应用。

前面已经提到了，在磁悬浮轨道上行驶的步进电机，那种轨道电机适用于需要大推力情况下，磁悬浮列车更适合在水平的轨道上行驶，根据一般人体的适应能力，不能承受太大的加速度，只要是在站台的一端，设置一个磁悬浮轨道步进电机做发射器，把磁悬浮列车发射出去，靠惯性行使。与磁悬浮轨道步进电机发射器不同的是，磁悬浮列车需要一个停车装置，利用直线圈切割磁力线发电的原理，可以使用减速电机、液压等多种不同的方式，控制永磁体与线圈之间的距离，使磁悬浮列车减速，减速时发出的电，等发射时再用。与磁悬浮轨道步进电机发射器一样，电机的供电方式也有两种可以选择，一种是，采用车体载线圈的形式，这需要一个蓄能装置，它的优点是：不用人在车上操控，便于整个系统的控制。另一种是，采用车载永磁体的形式，可以用人工，通过控制永磁体与线圈的距离来停车；也可以在站台，通过控制电极开关来控制车速。优点是：把蓄能装置在车外，增加安全性，减少车体自重。

上面介绍的是直线步进电机在短途磁悬浮列车的应用，它适合于地铁等市内交通，它有速度快和刹车蓄能的优势。它与用在城市之间的磁悬浮列车略有不同。

用在城市之间的长途磁悬浮列车，需要速度越快越好，根据一般人体的适应能力，应采用分段加速的方法：在始发站的一端，分段设置加速站，使其达到理想的速度，还要设置几个中间站，用来保持速度，终点站同样设置多个减速站。由于车速快，车体应是一个流线型的整体。如此高速的磁悬浮列车，向

下的压力会很轻，可以减少轨道的耗材，但需要增加两旁的防护。如果磁悬浮列车以第一宇宙速度运行的话，北京至天津只用四分钟，算上加、减速的时间十五分钟也到了。北京到上海也不过就四十分钟。如果此项技术能得到应用，春运将成为历史。

直线步进电机的永磁体结构改变以后，电机线圈上的电极可以用一种新的驱动方法。

如图 6，直线步进电机线圈(8)上的电极，以永磁体上齿距的二分之一为一个绕组的宽度，多个绕组组合成电机的线圈，相邻绕组的线头按缠绕顺序头尾相连，连接点成为电极，在将电极按 A B a b 的顺序循环排序，相同的序号并联在一起。

图 10、图 11、图 12、图 13 所示的是电机线圈驱动过程的示意图。

图中显示的有四个电极、三种控制信号(+)正、(-)负和(X)截止，四个电极是：线圈上按 A B a b 的顺序循环排序，相同的序号并联在一起的电极，三种控制信号，是线圈的通电状态。

图 10 是电机的一种工作状态，通电电极在线圈上产生的磁场与永磁体上的齿相吸，当通电电极变换成图 11 所示的次序，线圈向右移动电极的一个间距。同理，图 12、图 13 显示了电极变换时，电机连续移动的过程，通电电极按照上述次序循环变化，线圈将继续向右移动。通电电极按图 13、图 12、图 11、图 10 的次序循环变化，线圈则向左移动。

使用这种方法驱动的好处是：可以减少控制电极、化简控制电路、并可以使用通用的双极性步进电机驱动集成电路直接驱动该电机。以上介绍的几种永磁体结构的直线步进电机，都何以使用该方法驱动。

一下还有两种直线步进电机中永磁体的结构。

如图 7 所示，永磁体(9)NS 极的方向与线圈(10)的轴向平行，多个永磁体(9)形成直线步进电机中永磁结构，永磁结构中，单个永磁体(9)之间同极相邻，长度相等，而且可以被线圈上电极(11)之间的间距整除。

如图 8 所示，永磁体(12)NS 极的方向与线圈(13)的轴向平行，多个永磁体(12)形成直线步进电机中永磁结构，永磁结构中，单个永磁体(12)之间同极相邻，并用软磁体(15)间隔，单个永磁体(12)与一个软磁体(15)，组成直线步进电机上永磁结构中的一段，每段长度相等，而且可以被线圈上电极(14)之间的间距整除。

如图 9，一种多组、双向性直线步进电机的驱动电路，它包括振荡器、移位寄存器和步进电机驱动电路：振荡器(P)产生的脉冲信号送入移位寄存器(Y)，在移位寄存器(Y)上建立两个间距相同的移位脉冲信号，移位寄存器(Y)的位数等于：直线步进电机上永磁结构中、两段单个永磁体的长度范围内、线圈上电极的个数，按移位寄存器(Y)的位数，平均分成两组，根据每组的个数，联接到并联在一起的二极管的N级和步进电机驱动电路的输入端，(A)组二极管的P级，连接(B)组步进电机驱动电路的输出端，(B)组二极管的P级连接，(A)组步进电机驱动电路的输出端，(A)组、(B)组二极管的P级也是直线步进电机的输出端，它与按移位寄存器(Y)的位数循环排序的；同位并联在一起的；电机线圈上的电极连接。

也可以在移位寄存器(Y)的输出端加缓冲器，这样可以提高电机的工作电压，防止电机线圈产生的自感电动势对移位寄存器(Y)的破坏。

电机工作时，控制电路通过电极，根据永磁结构中在线圈中的位置，选择

通电部分线圈，在线圈上形成与动子相对应的多个磁区，这样可以增强动子的定位力度。动子中的极数越多、线圈上与之对应的磁区越多、动子的定位力度越强。当控制电路将电机线圈上的通电电极，向上或向下移动到相邻的电极上时，电机的动子随之移动，控制电路以某种频率连续变换通电电极，实现电机的运行。

该驱动电路，用在以上两种永磁体结构的直线步进电机上，使其具有：精密、微动作、高加速度、大钉扎力、等优点，这是因为这两种永磁体的结构能使磁能得到充分利用，多组、双向性直线步进电机的驱动电路，能适应高密度线圈电机的电极。

以上所述永磁体功能面上的齿，可以根据使用设计成正方形、巨型、三角形、梯形、半圆形。比如：用在推进器上，使用正方形、巨型。用在需要一定精度的自动化机械上、机器人、电机显示器上，可以选择三角形、梯形、半圆形。

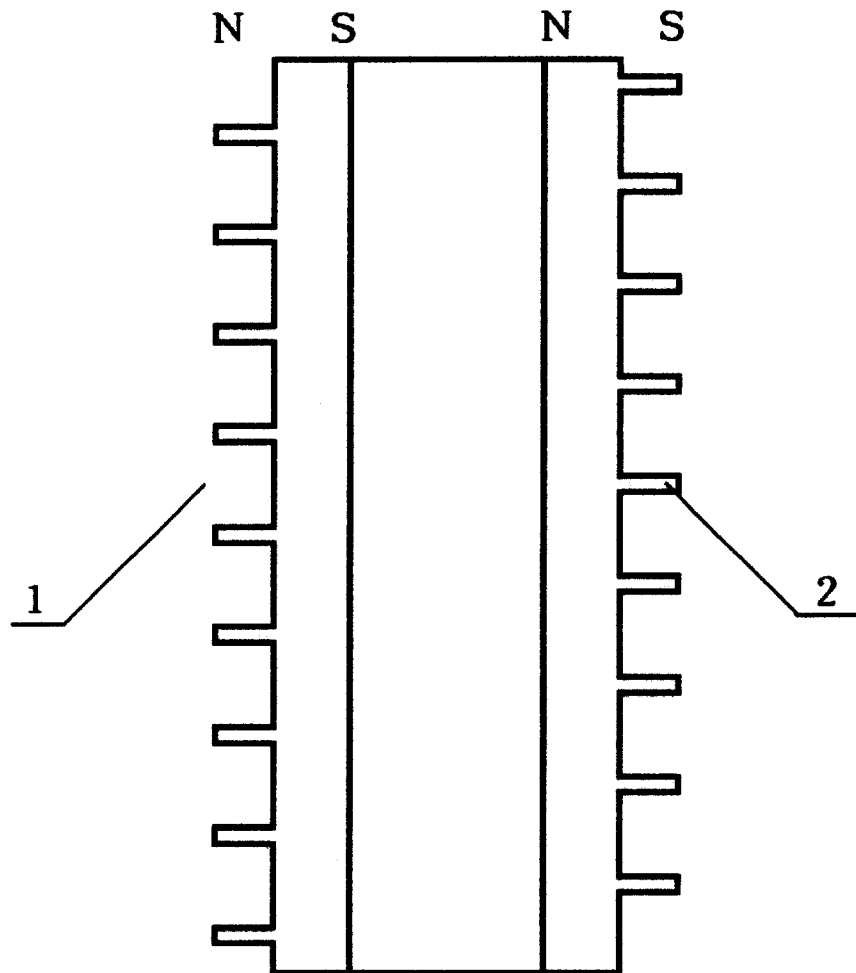


图 1

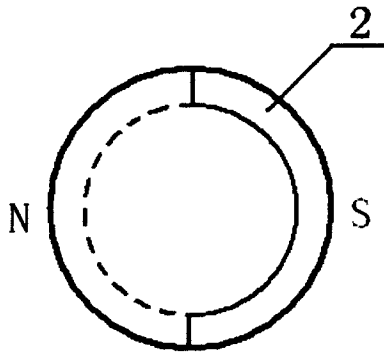


图 2

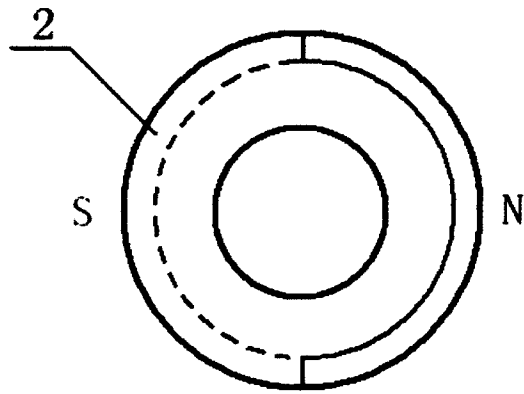


图 3

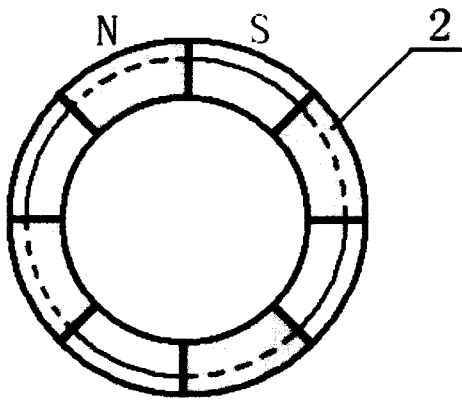


图 4

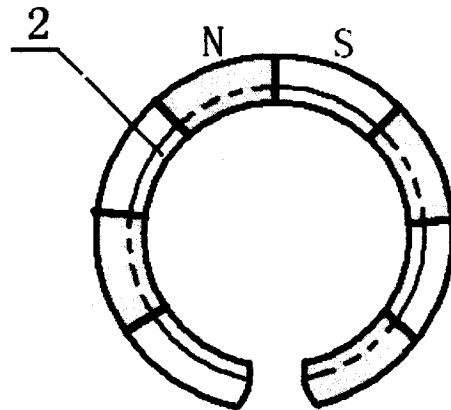


图 5

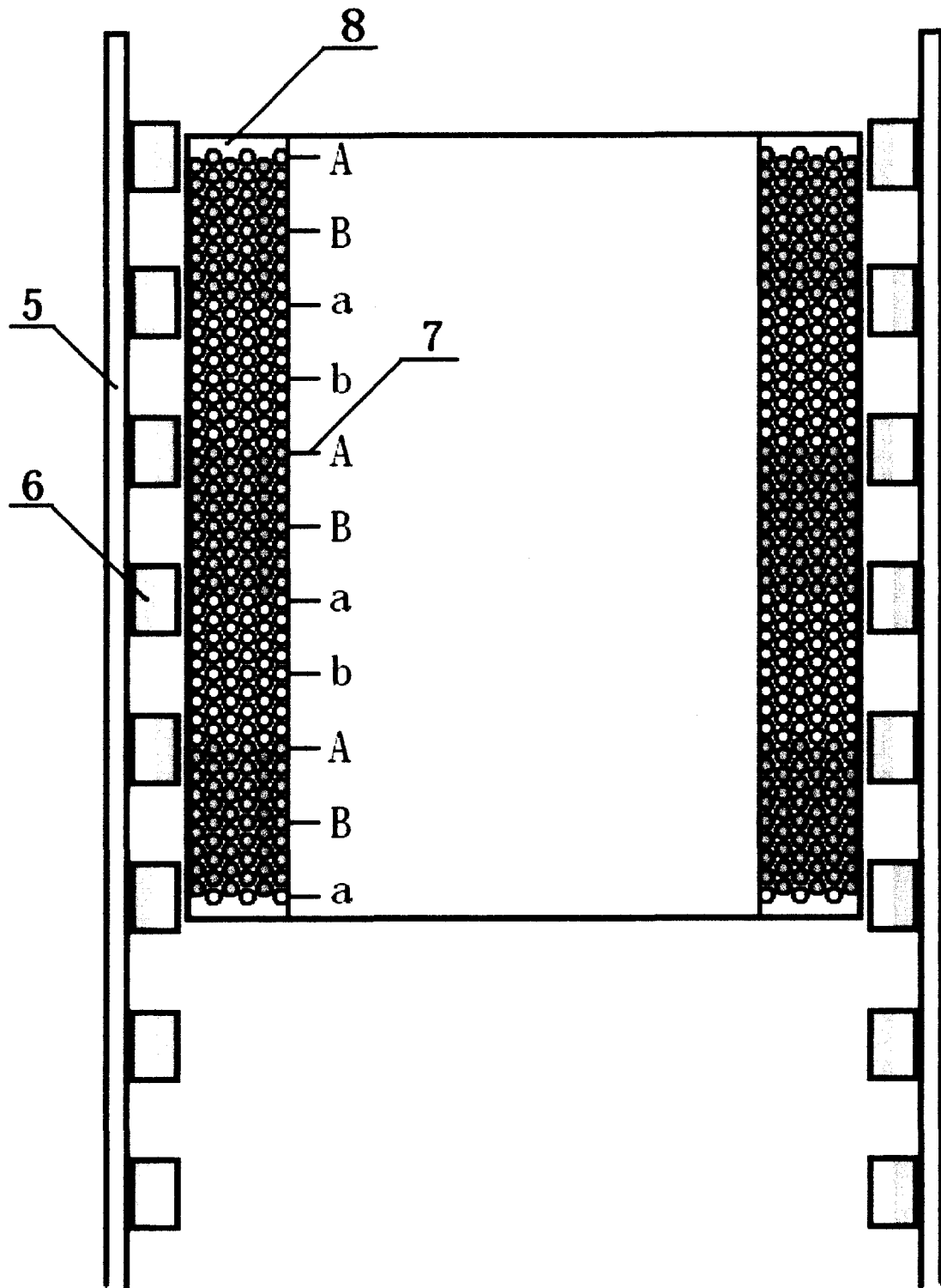


图 6



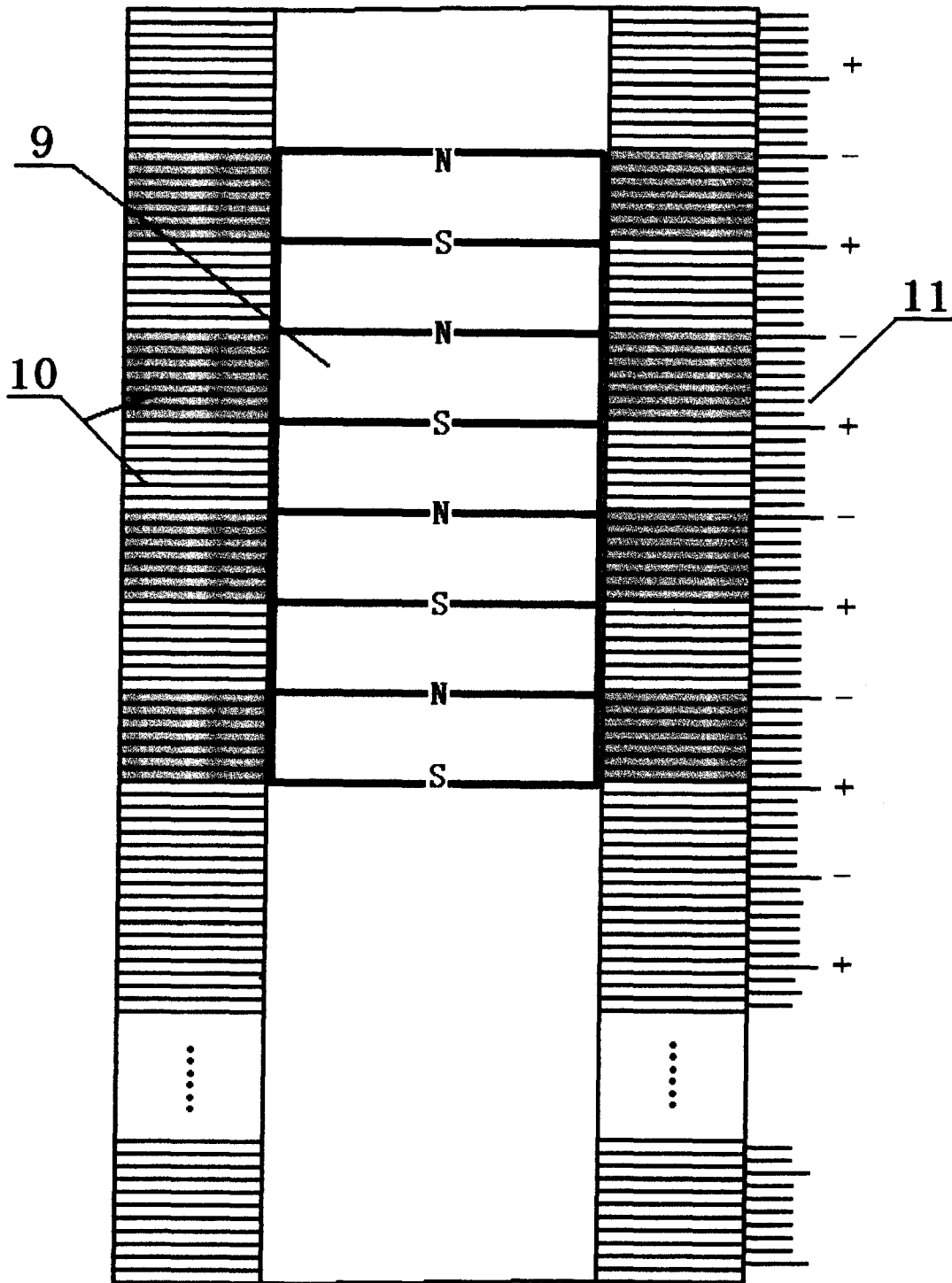


图 7

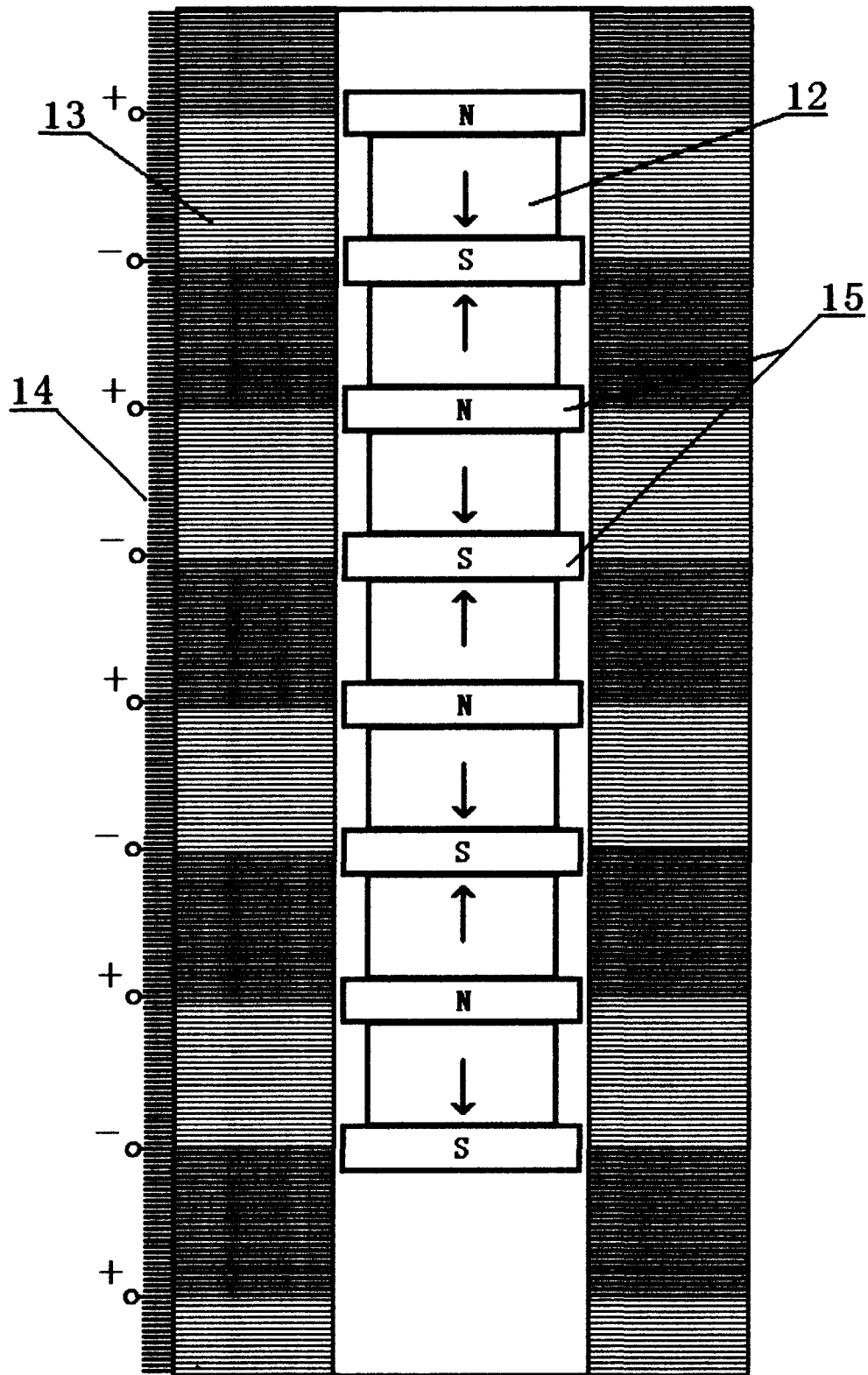


图 8

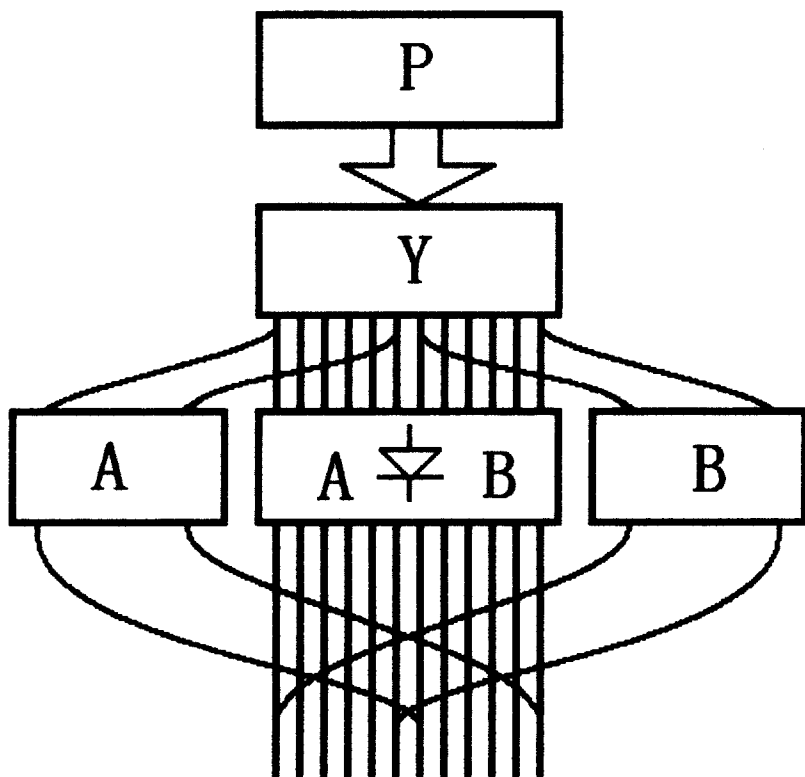


图 9

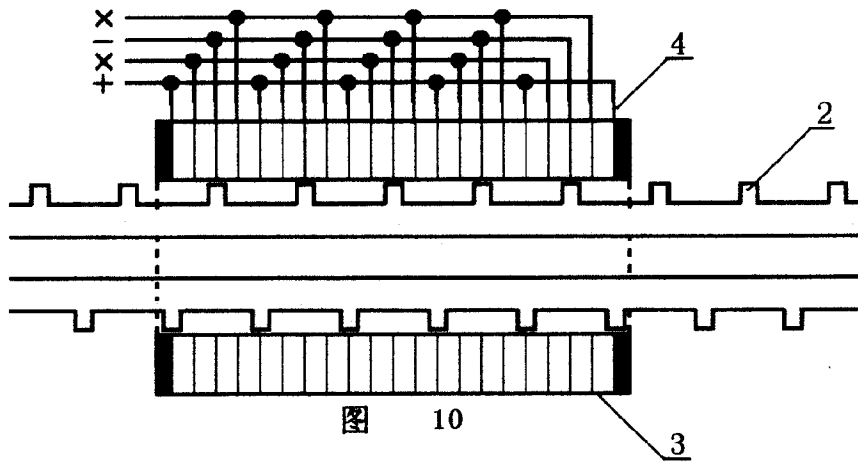


图 10

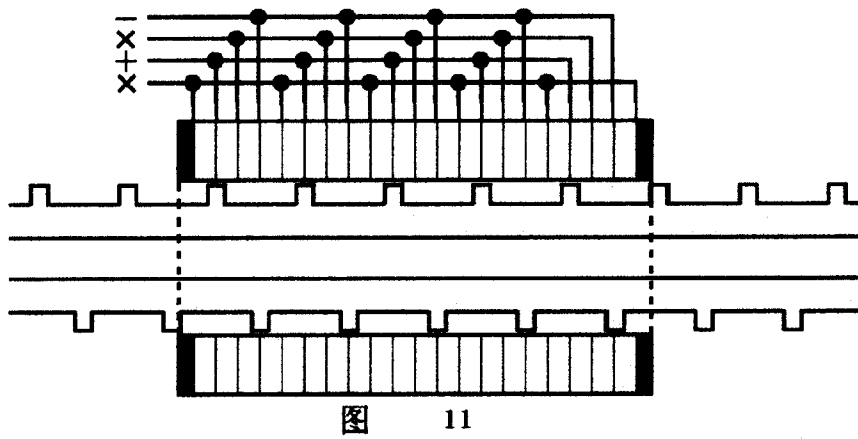


图 11

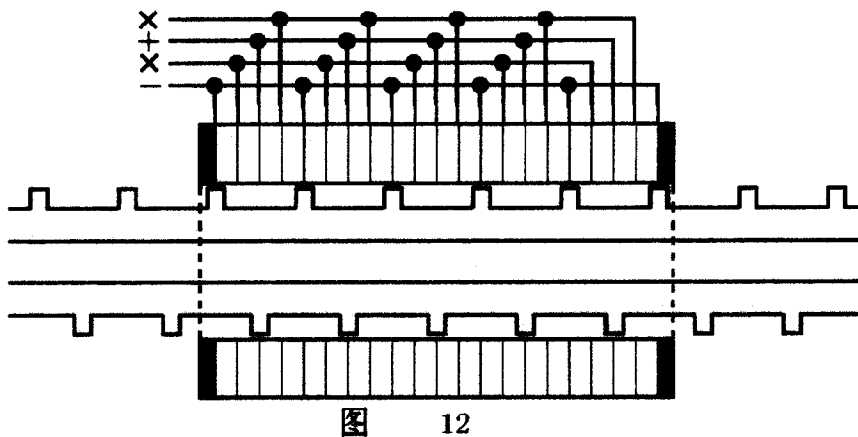


图 12

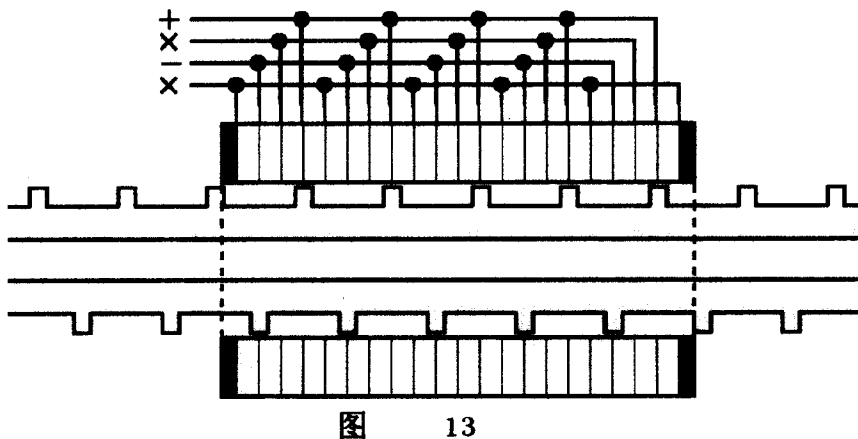


图 13