



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103644834 B

(45) 授权公告日 2016. 04. 27

(21) 申请号 201310717524. 8

CN 103234451 A, 2013. 08. 07,

(22) 申请日 2013. 12. 24

US 5391992 A, 1995. 02. 21,

DE 4107102 A1, 1992. 09. 10,

(73) 专利权人 重庆理工大学

审查员 徐雅

地址 400054 重庆市巴南区李家沱红光大道
69 号

(72) 发明人 鲁进 彭东林 陈锡侯 武亮
汤其富 孙世政

(74) 专利代理机构 重庆华科专利事务所 50123
代理人 康海燕

(51) Int. Cl.

G01B 7/02(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102359753 A, 2012. 02. 22,

CN 101556138 A, 2009. 10. 14,

CN 102288100 A, 2011. 12. 21,

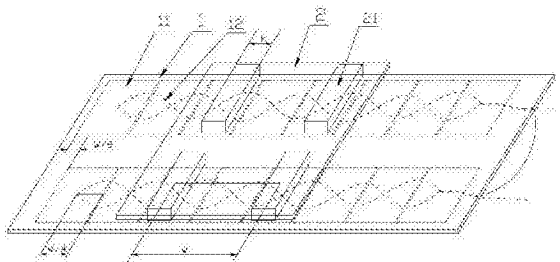
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种时栅直线位移传感器

(57) 摘要

本发明公开了一种时栅直线位移传感器,包括定尺和动尺,定尺由定尺基体和布置于定尺基体上、下部的两个相同且相互平行的传感单元组成,传感单元包括激励线圈和感应线圈。激励线圈由多个正绕平面矩形螺旋激励线圈和多个反绕平面矩形螺旋激励线圈沿测量方向依次交错排列构成,激励线圈能产生按正弦规律变化的磁场。感应线圈由多个正绕感应线圈和多个反绕感应线圈沿测量方向依次交错排列构成。动尺与定尺沿测量方向发生相对运动,传感单元内串联的感应线圈共同输出幅值恒定的感应信号,将该感应信号与激励信号进行鉴相处理、高频时钟脉冲插补,经换算后得到直线位移。其能在不增加刻线精密度的情况下,将时栅直线位移传感器的分辨力提高一倍。



1. 一种时栅直线位移传感器,包括定尺(1)和动尺(2),其特征在于:

所述定尺(1)由定尺基体和设置在定尺基体上、下部的两个相同且相互平行的传感单元组成,传感单元包括激励线圈(11)和感应线圈(12);

所述激励线圈(11)由尺寸、匝数均相同的多个正绕平面矩形螺旋激励线圈(111)和多个反绕平面矩形螺旋激励线圈(112)沿测量方向依次交错排列构成,正绕平面矩形螺旋激励线圈与反绕平面矩形螺旋激励线圈首尾相接,相互对称,且正绕平面矩形螺旋激励线圈的最外匝与反绕平面矩形螺旋激励线圈的最外匝沿测量方向的间距小于等于0.1mm,相邻两个正绕平面矩形螺旋激励线圈的中心距为一个极距,用W表示,在测量方向上,每个正绕平面矩形螺旋激励线圈由内到外的第m匝线圈到其中心的距离 d_m 应满足:

$d_m = \frac{W}{4} \sin(m \times \frac{\pi}{2n})$,其中, $1 \leq m \leq n$,n为该正绕平面矩形螺旋激励线圈的总匝数;所述测量

方向是指动尺的运动方向;

所述感应线圈(12)由多个正绕感应线圈(121)和多个反绕感应线圈(122)沿测量方向依次交错排列构成,正绕感应线圈和反绕感应线圈的形状、尺寸和匝数均相同,所述正绕感应线圈和反绕感应线圈都采用“8”字形绕法,由沿幅值相同、周期等于W、初相角分别为0和 π 的两条正弦曲线的过零点绕出,初相角为0的正弦曲线的正半周和初相角为 π 的正弦曲线的负半周构成所述正绕感应线圈(121),初相角为0的正弦曲线的负半周和初相角为 π 的正弦曲线的正半周构成所述反绕感应线圈(122);布置于定尺基体上部的传感单元的感应线圈与布置于定尺基体下部的传感单元的感应线圈串联;

所述激励线圈(11)与感应线圈(12)在垂直于定尺基体的方向上正对平行,在测量方向上,正绕平面矩形螺旋激励线圈的中心与正绕感应线圈的中心间隔 $\frac{W}{4}$,在垂直于测量方向上,正绕平面矩形螺旋激励线圈最内匝的高度大于正绕感应线圈的高度;

所述动尺(2)由动尺基体和嵌于动尺基体上、下部的两个相同且相互平行的导磁单元组成,导磁单元由一个长方体状的导磁体(21)构成或者由多个相同的长方体状的导磁体(21)等间距排列构成,在由多个所述导磁体(21)构成的导磁单元中,相邻两个导磁体的中心距等于W;在沿测量方向上,每个导磁体的宽度b应满足: $0 < b < \frac{W}{2}$ 或者 $\frac{W}{2} < b < W$,在垂直于测量方向上,每个导磁体的高度应大于正绕感应线圈的高度;

所述动尺(2)的两个导磁单元与所述定尺(1)的两个传感单元在垂直于定尺基体的方向上正对平行放置,且留有间隙,两个导磁单元内的导磁体(21)与两个传感单元内的激励线圈(11)的位置应满足:当其中一个导磁单元的导磁体的中心与一个传感单元的正绕平面矩形螺旋激励线圈的中心在沿测量方向重合时,另一个导磁单元的导磁体的中心与另一个传感单元的正绕平面矩形螺旋激励线圈的中心沿测量方向间隔 $\frac{W}{8}$;

定尺(1)的两个传感单元的激励线圈分别连接两相对称激励电流,在各自激励以及导磁体的作用下,当动尺(2)与定尺(1)沿测量方向发生相对运动时,传感单元内串联的感应线圈共同输出幅值恒定的感应信号,将该感应信号与激励信号进行鉴相处理,相位差由插补的高频时钟脉冲个数表示,经换算后得到动尺相对定尺的直线位移。

2. 根据权利要求1所述的时栅直线位移传感器,其特征在于:布置于定尺基体上部的传感单元的起始位置与布置于定尺基体下部的传感单元的起始位置相差 $\frac{W}{8}$,嵌于动尺基体上部的导磁单元内的导磁体的起始位置与嵌于动尺基体下部的导磁单元内的导磁体的起始位置对齐。

3. 根据权利要求1所述的时栅直线位移传感器,其特征在于:布置于定尺基体上部的传感单元的起始位置与布置于定尺基体下部的传感单元的起始位置对齐,嵌于动尺基体上部的导磁单元内的导磁体的起始位置与嵌于动尺基体下部的导磁单元内的导磁体的起始位置相差 $\frac{W}{8}$ 。

4. 根据权利要求1或2或3所述的时栅直线位移传感器,其特征在于:所述导磁体(21)在测量方向上的宽度b等于 $\frac{W}{4}$ 或者 $\frac{3W}{4}$ 。

5. 根据权利要求4所述的时栅直线位移传感器,其特征在于:所述导磁单元由两个相同的长方体状的导磁体(21)等间距排列构成。

一种时栅直线位移传感器

技术领域

[0001] 本发明属于精密测量传感器技术领域,具体涉及一种时栅直线位移传感器。

背景技术

[0002] 直线位移测量是最基本的几何量测量,精密直线位移测量主要采用直线位移传感器,如光栅、磁栅、容栅等等,它们通过对按空间均分的栅线进行计数得到位移量。其共同特点是利用栅线的空间超精密刻线来满足微小位移的分辨力要求,而为了再进一步提高分辨力,只能依靠复杂的电子细分,从而使系统结构复杂,成本居高不下,且抗干扰能力差,极易受到污染。

[0003] 近年来出现了一种以时钟脉冲作为测量基准的时栅直线位移传感器,能不依赖空间精密刻线实现高分辨力位移测量。时栅直线位移传感器主要基于电磁感应原理,其分辨力除取决于插补时钟脉冲的空间当量外,还与该传感器的周期性节距成正比,比如CN102359753A公开的一种直线位移传感器,当其插补时钟脉冲的空间当量达到一定极限后,要想再进一步提高其分辨力,只能通过进一步增加该传感器的周期性节距或者复杂的电子细分来实现,其成本高。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种时栅直线位移传感器,以在不增加刻线精密度或者传感器的周期性节距的情况下,将时栅直线位移传感器的分辨力提高一倍。

[0005] 本发明所述的时栅直线位移传感器,包括定尺和动尺,所述定尺由定尺基体和设置在定尺基体上、下部的两个相同且相互平行的传感单元组成,传感单元包括激励线圈和感应线圈。

[0006] 所述激励线圈由尺寸、匝数均相同的多个正绕平面矩形螺旋激励线圈和多个反绕平面矩形螺旋激励线圈沿测量方向(相当于动尺的运动方向)依次交错排列构成,正绕平面矩形螺旋激励线圈与反绕平面矩形螺旋激励线圈首尾相接,相互对称,且正绕平面矩形螺旋激励线圈的最外匝与反绕平面矩形螺旋激励线圈的最外匝沿测量方向的间距小于等于0.1mm(该间距越小越好,最大不超过0.1mm),相邻两个正绕平面矩形螺旋激励线圈的中心距为一个极距,用W表示;在测量方向上,每个正绕平面矩形螺旋激励线圈由内到外的第m匝

线圈到其中心的距离 d_m 应满足: $d_m = \frac{W}{4} \sin(m \times \frac{\pi}{2n})$,其中, $1 \leq m \leq n$,n为该正绕平面矩形螺旋激励线圈的总匝数,这样设置距离 d_m 的目的是为了给激励线圈通激励电流时,激励线圈能产生按正弦规律变化的磁场。

[0007] 所述感应线圈由多个正绕感应线圈和多个反绕感应线圈沿测量方向依次交错排列构成,正绕感应线圈和反绕感应线圈的形状、尺寸和匝数均相同,所述正绕感应线圈和反绕感应线圈都采用“8”字形绕法,由沿幅值相同、周期等于W、初相角分别为0和 π 的两条正弦曲线的过零点绕出,初相角为0的正弦曲线的正半周和初相角为 π 的正弦曲线的负半周构成

所述正绕感应线圈,初相角为0的正弦曲线的负半周和初相角为 π 的正弦曲线的正半周构成所述反绕感应线圈;布置于定尺基体上部的传感单元的感应线圈与布置于定尺基体下部的传感单元的感应线圈串联。

[0008] 所述激励线圈与感应线圈可以布置在定尺基体的布线层上,也可以嵌于定尺基体的槽内,激励线圈与感应线圈在垂直于定尺基体的方向上正对平行,在测量方向上,正绕平面矩形螺旋激励线圈的中心与正绕感应线圈的中心间隔 $\frac{W}{4}$,在垂直于测量方向上,正绕平面矩形螺旋激励线圈最内匝的高度大于正绕感应线圈的高度。

[0009] 所述动尺由动尺基体(为非导磁材料)和嵌于动尺基体上、下部的两个相同且相互平行的导磁单元组成,导磁单元由一个长方体状的导磁体构成或者由多个相同的长方体状的导磁体等间距排列构成,在由多个所述导磁体构成的导磁单元中,相邻两个导磁体的中心距等于 W ;在沿测量方向上,每个导磁体的宽度 b 应满足: $0 < b < \frac{W}{2}$ 或者 $\frac{W}{2} < b < W$,在垂直于测量方向上,每个导磁体的高度应大于正绕感应线圈的高度,以保证产生准确可靠的感应信号。

[0010] 所述动尺的两个导磁单元(即嵌于动尺基体上、下部的两个相同且相互平行的导磁单元)与所述定尺的两个传感单元(即布置于定尺基体上、下部的两个相同且相互平行的传感单元)在垂直于定尺基体的方向上正对平行放置,且留有间隙,两个导磁单元内的导磁体与两个传感单元内的激励线圈的位置应满足:当其中一个导磁单元的导磁体的中心与一个传感单元的正绕平面矩形螺旋激励线圈的中心在沿测量方向重合时,另一个导磁单元的导磁体的中心与另一个传感单元的正绕平面矩形螺旋激励线圈的中心沿测量方向间隔 $\frac{W}{8}$ 。

[0011] 定尺的两个传感单元的激励线圈分别连接两相对称激励电流(即幅值相同、相位相差 90° 的两相电流),在各自激励作用下沿测量方向产生按正弦规律变化的磁场,当动尺与定尺沿测量方向发生相对运动时,导磁体相对感应线圈运动,传感单元内串联的两个感应线圈内的磁通量发生变化,其共同输出幅值恒定的感应信号,将该感应信号与激励信号进行鉴相处理,相位差由插补的高频时钟脉冲个数表示,经换算后得到动尺相对定尺的直线位移。

[0012] 进一步,布置于定尺基体上部的传感单元的起始位置与布置于定尺基体下部的传感单元的起始位置相差 $\frac{W}{8}$,嵌于动尺基体上部的导磁单元内的导磁体的起始位置与嵌于动尺基体下部的导磁单元内的导磁体的起始位置对齐。

[0013] 进一步,布置于定尺基体上部的传感单元的起始位置与布置于定尺基体下部的传感单元的起始位置对齐,嵌于动尺基体上部的导磁单元内的导磁体的起始位置与嵌于动尺基体下部的导磁单元内的导磁体的起始位置相差 $\frac{W}{8}$ 。

[0014] 进一步,所述导磁体在测量方向上的宽度 b 等于 $\frac{W}{4}$ 或者 $\frac{3W}{4}$ 。由于,在 $0 < b < \frac{W}{4}$ 时,

随着b的增大感应线圈输出的感应信号越强,在b等于 $\frac{W}{4}$ 时,感应信号最强;在 $\frac{W}{4} < b < \frac{W}{2}$ 时,随着b的增大感应线圈输出的感应信号越弱,在b等于 $\frac{W}{2}$ 时,感应信号为零;在 $\frac{W}{2} < b < \frac{3W}{4}$ 时,随着b的增大感应线圈输出的感应信号越强,在b等于 $\frac{3W}{4}$ 时,感应信号最强;在 $\frac{3W}{4} < b < W$ 时,随着b的增大感应线圈输出的感应信号越弱,在b等于W时,感应信号为零;取b等于 $\frac{W}{4}$ 或者 $\frac{3W}{4}$,感应线圈输出的感应信号最强(即幅值最大),测量更方便、容易。

[0015] 进一步,所述导磁单元由两个相同的长方体状的导磁体等间距排列构成,以获得较大的磁场强度,使感应线圈输出的感应信号更强。

[0016] 本发明由于采用了上述结构形式的定尺和动尺,当动尺与定尺相对运动一个极距W时,感应信号的初相角变化两个周期,与现有的直线位移传感器的长尺基体与短尺基体相对运动一个周期性节距,感应信号的初相角变化一个周期相比,在不增加刻线精密度或者周期性节距的情况下,其分辨力提高了一倍;并且其结构简单、成本低、抗干扰能力强。

附图说明

- [0017] 图1为本发明的第一种结构示意图。
 [0018] 图2为本发明的第二种结构示意图。
 [0019] 图3为本发明的第三种结构示意图。
 [0020] 图4为本发明中激励线圈的绕线示意图。
 [0021] 图5为本发明中感应线圈的绕线示意图。

具体实施方式

[0022] 下面结合实例对本发明作进一步说明。

[0023] 实施例1:如图1、图4、图5所示的时栅直线位移传感器,包括定尺1和动尺2。

[0024] 定尺1由呈长方体状的定尺基体和设置在该定尺基体上部、下部的两个相同且相互平行的传感单元组成,定尺基体采用印制电路板基体,以定尺基体的长边方向为测量方向,每个传感单元都包括激励线圈11和感应线圈12。

[0025] 激励线圈11由四个正绕平面矩形螺旋激励线圈111和四个反绕平面矩形螺旋激励线圈112沿测量方向依次交错排列构成,且布置于同一布线层上,正绕平面矩形螺旋激励线圈111与反绕平面矩形螺旋激励线圈112的尺寸相同、匝数都为6匝,正绕平面矩形螺旋激励线圈111与反绕平面矩形螺旋激励线圈112首尾相接,相互对称,且正绕平面矩形螺旋激励线圈111的最外匝(即第6匝)与反绕平面矩形螺旋激励线圈112的最外匝(即第6匝)沿测量方向的间距为0.1mm,相邻两个正绕平面矩形螺旋激励线圈111的中心距为一个极距,用W表示,在测量方向上,每个正绕平面矩形螺旋激励线圈111由内到外的各匝线圈到其中心的距离分别为 $\frac{W}{4}\sin 15^\circ$ 、 $\frac{W}{4}\sin 30^\circ$ 、 $\frac{W}{4}\sin 45^\circ$ 、 $\frac{W}{4}\sin 60^\circ$ 、 $\frac{W}{4}\sin 75^\circ$ 、 $\frac{W}{4}\sin 90^\circ$ 。

[0026] 感应线圈12由四个正绕感应线圈121和三个反绕感应线圈122沿测量方向依次交错排列构成,正绕感应线圈121和反绕感应线圈122的形状、尺寸和匝数均相同,正绕感应线圈121和反绕感应线圈122都采用“8”字形绕法,由沿幅值相同、周期等于 W 、初相角分别为0和 π 的两条正弦曲线的过零点绕出,初相角为0的正弦曲线的正半周和初相角为 π 的正弦曲线的负半周构成正绕感应线圈121,初相角为0的正弦曲线的负半周和初相角为 π 的正弦曲线的正半周构成反绕感应线圈122;布置于定尺基体上部的传感单元的感应线圈12的一端与布置于定尺基体下部的传感单元的感应线圈12的一端连接,布置于定尺基体上部的传感单元的感应线圈12的另一端与布置于定尺基体下部的传感单元的感应线圈12的另一端作为感应信号的输出端(参见图1中的感应线圈未连接的两端)。

[0027] 激励线圈11与感应线圈12采用印制电路布线方法,布置在印制电路板基体的不同布线层上,激励线圈11与感应线圈12在垂直于定尺基体的方向上正对平行,在测量方向上,正绕平面矩形螺旋激励线圈111的中心与正绕感应线圈121的中心间隔 $\frac{W}{4}$,在垂直于测量方向上,正绕平面矩形螺旋激励线圈111最内匝的高度大于正绕感应线圈121的高度。布置于定尺基体上部的传感单元的起始位置与布置于定尺基体下部的传感单元的起始位置相差 $\frac{W}{8}$ 。

[0028] 动尺2由呈长方体状的动尺基体(采用非导磁材料铜制成)和嵌于动尺基体上部、下部的两个相同且相互平行的导磁单元组成,导磁单元由两个相同的长方体状的导磁体21等间距排列构成,两个导磁体21的中心距等于 W ;在沿测量方向上,每个导磁体的宽度 b 等于 $\frac{W}{4}$,在垂直于测量方向上,每个导磁体21的高度应大于正绕感应线圈121的高度。嵌于动尺基体上部的导磁单元内的导磁体的起始位置与嵌于动尺基体下部的导磁单元内的导磁体的起始位置对齐。

[0029] 动尺2上部、下部的两个导磁单元与定尺1上部、下部的两个传感单元在垂直于定尺基体的方向上分别正对平行放置,且留有0.3mm的间隙。

[0030] 定尺1的上部、下部两个传感单元的激励线圈分别连接两相幅值相同、相位相差 90° 的正弦激励电流,上部、下部两个传感单元的感应线圈将分别产生式(1)和式(2)的感应信号:

$$[0031] \quad e_1 = K_1 \sin 2\pi \frac{t}{T} \sin(2\pi \frac{x}{W} + \frac{\pi}{4}) \cos(2\pi \frac{x}{W} + \frac{\pi}{4}) \quad (1)$$

$$[0032] \quad e_2 = K_1 \cos 2\pi \frac{t}{T} \sin 2\pi \frac{x}{W} \cos 2\pi \frac{x}{W} \quad (2)$$

[0033] 式中: K_1 为感应电压幅值, T 为电流变化周期, x 为动尺相对定尺的直线位移。

[0034] 上部、下部两个传感单元的感应线圈串联输出式(3)的感应信号:

$$[0035] \quad e = e_1 + e_2 = \frac{1}{2} K_1 \sin(2\pi \frac{t}{T} + 2\pi \frac{x}{W/2}) \quad (3)$$

[0036] 动尺2与定尺1沿测量方向发生相对运动,感应信号的初相角将发生周期性变化,

动尺2相对于定尺1运动一个极距,感应信号的初相角(即式(3)中的 $2\pi\frac{x}{W/2}$)变化两个周期,将式(3)中的感应信号与上述正弦激励信号进行鉴相处理,相位差由插补的高频时钟脉冲个数表示,经换算后得到动尺2相对定尺1的直线位移。

[0037] 实施例2:如图2、图4、图5所示的时栅直线位移传感器,其结构大部分与实施例1相同,不同之处在于:布置于定尺基体上部的传感单元的起始位置与布置于定尺基体下部的传感单元的起始位置对齐,嵌于动尺基体上部的导磁单元内的导磁体21的起始位置与嵌于动尺基体下部的导磁单元内的导磁体21的起始位置相差 $\frac{W}{8}$ 。

[0038] 定尺1的上部、下部两个传感单元的激励线圈分别连接两相幅值相同、相位相差 90° 的正弦激励电流,上部、下部两个传感单元的感应线圈将分别产生式(4)和式(5)的感应信号:

$$[0039] \quad e_1 = K_2 \sin 2\pi \frac{t}{T} \sin(2\pi \frac{x}{W} + \frac{\pi}{4}) \cos(2\pi \frac{x}{W} + \frac{\pi}{4}) \quad (4)$$

$$[0040] \quad e_2 = K_2 \cos 2\pi \frac{t}{T} \sin 2\pi \frac{x}{W} \cos 2\pi \frac{x}{W} \quad (5)$$

[0041] 式中: K_2 为感应电压幅值, T 为电流变化周期, x 为动尺相对定尺的直线位移。

[0042] 上部、下部两个传感单元的感应线圈串联输出式(6)的感应信号:

$$[0043] \quad e = e_1 + e_2 = \frac{1}{2} K_2 \sin(2\pi \frac{t}{T} + 2\pi \frac{x}{W/2}) \quad (6)$$

[0044] 动尺2与定尺1沿测量方向发生相对运动,感应信号的初相角将发生周期性变化,动尺2相对于定尺1运动一个极距,感应信号的初相角(即式(6)中的 $2\pi\frac{x}{W/2}$)变化两个周期,将式(6)中的感应信号与上述正弦激励信号进行鉴相处理,相位差由插补的高频时钟脉冲个数表示,经换算后得到动尺2相对定尺1的直线位移。

[0045] 实施例3:如图3、图4、图5所示的时栅直线位移传感器,其结构大部分与实施例1相同,不同之处在于:动尺2的导磁单元由一个长方体状的导磁体21构成,在沿测量方向上,该导磁体21的宽度 b 等于 $\frac{3W}{4}$ 。

[0046] 定尺1的上部、下部两个传感单元的激励线圈分别连接两相幅值相同、相位相差 90° 的正弦激励电流,上部、下部两个传感单元的感应线圈将分别产生式(7)和式(8)的感应信号:

$$[0047] \quad e_1 = K_3 \sin 2\pi \frac{t}{T} \sin(2\pi \frac{x}{W} + \frac{\pi}{4}) \cos(2\pi \frac{x}{W} + \frac{\pi}{4}) \quad (7)$$

$$[0048] \quad e_2 = K_3 \cos 2\pi \frac{t}{T} \sin 2\pi \frac{x}{W} \cos 2\pi \frac{x}{W} \quad (8)$$

[0049] 式中: K_3 为感应电压幅值, T 为电流变化周期, x 为动尺相对定尺的直线位移。

[0050] 上部、下部两个传感单元的感应线圈串联输出式(9)的感应信号:

$$[0051] \quad e = e_1 + e_2 = \frac{1}{2} K_3 \sin\left(2\pi \frac{t}{T} + 2\pi \frac{x}{W/2}\right) \quad (9)$$

[0052] 动尺2与定尺1沿测量方向发生相对运动,感应信号的初相角将发生周期性变化,动尺2相对于定尺1运动一个极距,感应信号的初相角(即式(9)中的 $2\pi \frac{x}{W/2}$)变化两个周期,将式(9)中的感应信号与上述正弦激励信号进行鉴相处理,相位差由插补的高频时钟脉冲个数表示,经换算后得到动尺2相对定尺1的直线位移。

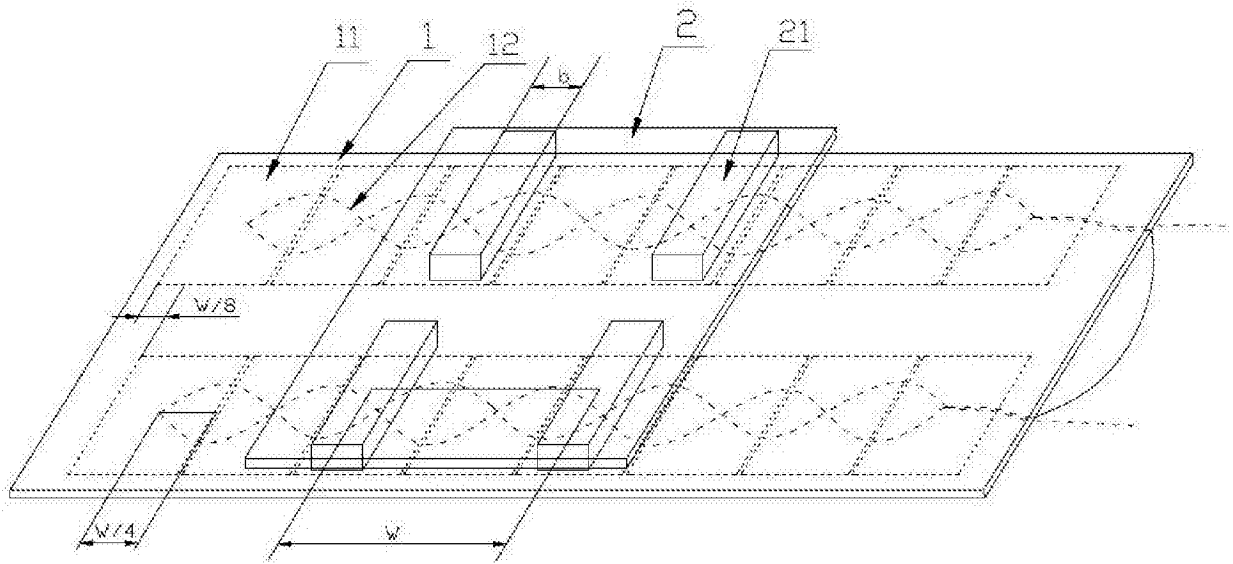


图1

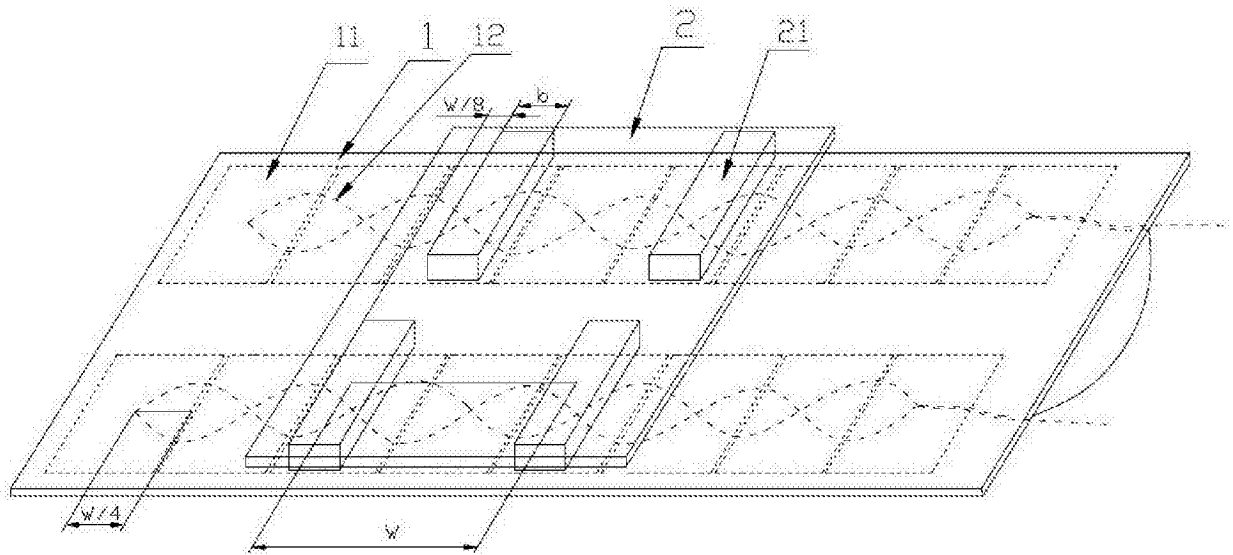


图2

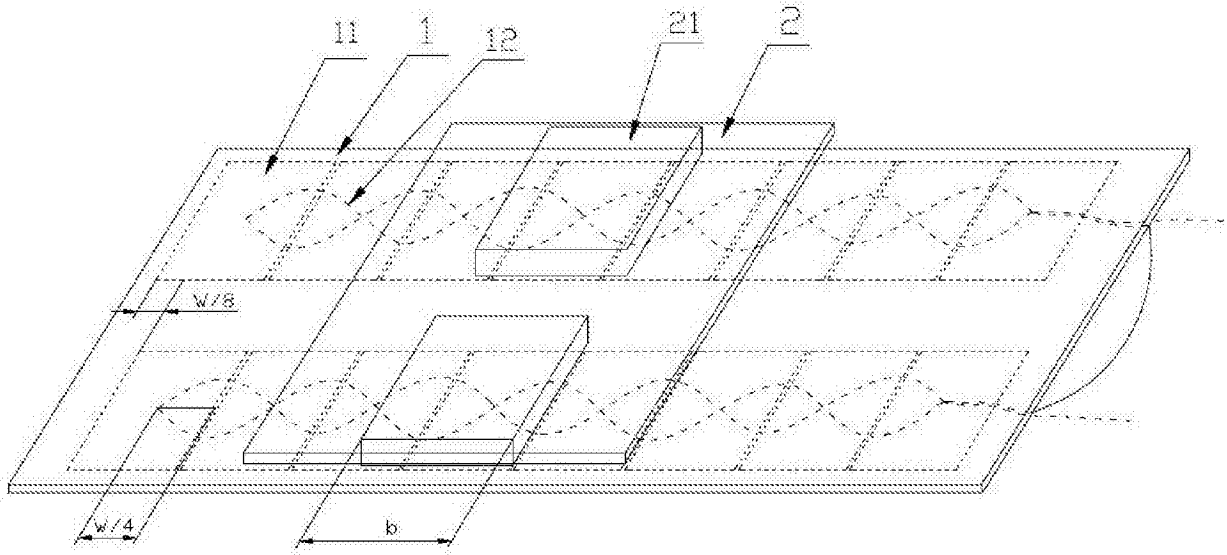


图3

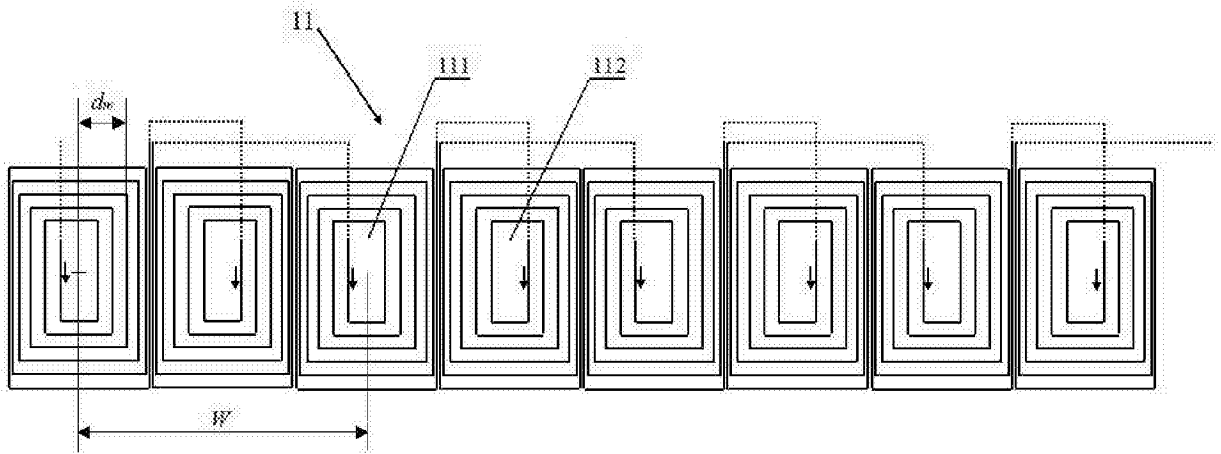


图4

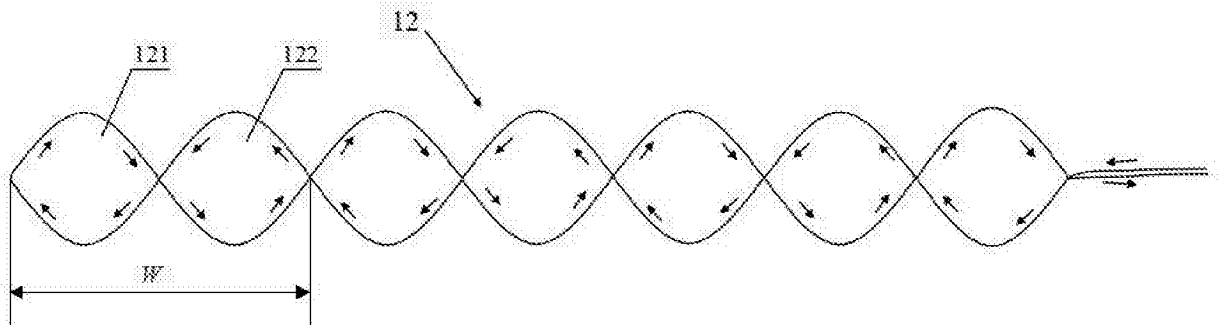


图5