



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105466324 A

(43) 申请公布日 2016.04.06

(21) 申请号 201510992726.2

(22) 申请日 2015.12.25

(71) 申请人 无锡乐尔科技有限公司

地址 214000 江苏省无锡市新区长江路 16 号科技创业园 B 区 8402 号

(72) 发明人 朱海华 李居强 白建民 王建国
黎伟

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200

代理人 许方

(51) Int. GI.

G01B 7/02(2006.01)

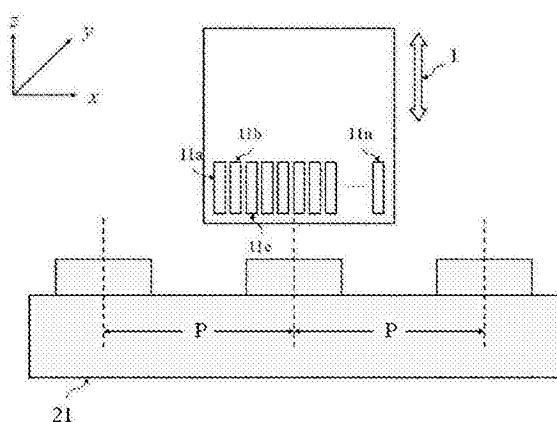
权利要求书1页 说明书7页 附图5页

(54) 发明名称

位移传感器和位移传感测量系统

(57) 摘要

本发明公开了一种位移传感器，包括至少三个磁性传感单元，磁性传感单元用于测量待测物经过每个磁性传感单元时的磁场，所述待测物含有磁性材料，磁性传感单元沿待测物的运行方向排成一列或多列。本发明还公开了一种位移传感测量系统，采用前面所述的位移传感器，待测物上固定有多个磁性物质块，磁性传感单元还用于检测待测物中的磁性物质块经其时的磁场，相邻磁性传感单元之间的间距小于相邻磁性物质块的距离。还可在待测物具有磁性层，磁性传感单元还用于检测待测物的磁性层经其时的磁场。本发明具有高精度、高灵敏度、高气隙距离、抗干扰能力强的特点且降低了测量成本。



1. 一种位移传感器，其特征在于，包括至少三个磁性传感单元，磁性传感单元用于测量待测物经过每个磁性传感单元时的磁场，所述待测物含有磁性材料，磁性传感单元沿待测物的运行方向排成一列或多列。

2. 根据权利要求1所述的一种位移传感器，其特征在于，还包括用于提供背景磁场并磁化待测物的磁体。

3. 根据权利要求1所述的一种位移传感器，其特征在于，所述磁性传感单元的磁场敏感方向相同。

4. 根据权利要求1所述的一种位移传感器，其特征在于，相邻磁性传感单元的间距相同。

5. 根据权利要求1所述的一种位移传感器，其特征在于，多个磁性传感单元并联和/或串联。

6. 根据权利要求1所述的一种位移传感器，其特征在于，所述磁性传感单元为单电阻结构或半桥结构或全桥结构；所述单电阻结构包括一个磁电阻；所述半桥结构包括两个串联的磁电阻；所述全桥结构包括两个并联的半桥结构；所述磁电阻由一个或多个磁性传感元件串联和/或并联构成，所述磁性传感元件包括各向异性磁电阻元件、巨磁电阻元件和/或磁性隧道结元件。

7. 一种位移传感测量系统，其特征在于，包括权利要求1-6中任意一项所述的位移传感器，待测物上固定有多个磁性物质块，磁性传感单元还用于检测待测物中的磁性物质块经过其时的磁场，相邻磁性传感单元之间的间距小于相邻磁性物质块的距离。

8. 一种位移传感测量系统，其特征在于，包括权利要求1-6中任意一项所述的位移传感器，待测物具有磁性层，磁性传感单元还用于检测待测物的磁性层经过其时的磁场。

位移传感器和位移传感测量系统

技术领域

[0001] 本发明涉及磁性传感器领域,特别是位移传感器和位移传感测量系统。

背景技术

[0002] 位移传感器主要应用于自动化控制系统中,用以测量工业系统中部件的速度、位置、位移方向和角度等物理量。目前,常用的位移测量方式是将齿轮传感器安装在设备中,通过需要测量的部件和相应的齿轮连接,齿轮传感器通过测量齿轮的转速、位移量、位移方向、角度等物理量得知待测部件的相应物理量。

[0003] 常用的齿轮传感器为光敏传感器和磁性传感器。在机械转动系统中,面对震动、冲击、油污等恶劣环境,磁传感器比光敏传感器具有更大的优势。现有技术中有许多不同类型的磁传感器,例如以霍尔元件、各向异性磁电阻元件、巨磁电阻元件以及磁隧道结元件为敏感元件的磁传感器,其中霍尔传感器具有很大的测量范围,但是灵敏度和测量精度较低,后面几种属于磁电阻型传感元件,具有更高的灵敏度和测量精度。

[0004] 现有的磁性齿轮传感器的结构为背磁和两个磁性传感单元,磁性传感单元用于测量待测齿轮的齿经过时的磁场,每当一个齿轮经过一个传感单元时输出一个峰值,两组信号的相位差判断待测齿轮的运行方向,每组信号的信号峰值数即为经过的齿数,已知齿轮的齿距P和时间T,即可计算出待测齿轮的位移、速度、位移方向等物理量。每个磁性传感单元通常由两个半桥组成一个梯度全桥输出一路信号。背磁和磁性材料构成的齿轮之间形成一个梯度磁场,当齿轮的齿经过传感器时,磁场的分布发生变化,磁性传感单元的两个半桥分别感应齿轮经过时的磁场变化,然后两个半桥之间形成电势差,输出一路类正弦波信号。对于采用不同传感元件的传感器来说,传感单元沿敏感方向上的半桥之间的距离d和齿周期的长度P之间具有以下的关系:

对于采用霍尔元件的传感器,有:

$$P=2 \cdot d \quad (1)$$

对于采用巨磁电阻元件的传感器,有:

$$P=4 \cdot d \quad (2)$$

对于采用磁隧道结元件的传感器,有:

$$P=2 \cdot d \quad (3)$$

以上的公式为实际应用中的最优结果,当满足上述条件时,输出幅度最大。我们可以看出,传感器的两个传感单元的输出信号周期依赖于齿间距P,其测量精度依赖于齿的相对大小,也就是齿轮模数比(齿轮半径/齿轮数),通俗来说,就是单位距离内齿数越多,其输出信号的峰越多,测量精度越高。

[0005] 现代工业和机械系统要求位移传感器或齿轮传感器要有高精度和高的气隙(Air Gap)距离。对于高精度的要求,传统的方法有两种思路,一个是降低齿轮的模数比来感知齿轮微小的位移。但是低模数比的齿轮成本非常高,且对制作工艺要求高,不容易达到精度要求且容易造成磨损,同时,测量低模数比的齿轮其气隙距离也会非常小,若距离增大则信号

量会非常低,测量精度也会随之降低;另外一个思路是采用细分的方法将高模数比齿轮的输出信号细分成小的周期,但是这样是建立在推算的基础上,当齿轮转速不稳定或发生变化时,其误差非常大。

[0006] 中国公开号为CN 103528625A的专利:一种齿轮传感器披露了一种采用多个磁性传感单元的齿轮传感器,但是该专利并未披露其具体结构,也没有给出最优的结果,同时其依然采用测量齿轮的方法测量系统中的位移、方向、角度等物理量。

发明内容

[0007] 本发明所要解决的技术问题是克服现有技术的不足而提供位移传感器和位移传感测量系统,本发明具有高精度、高灵敏度、高气隙距离、抗干扰能力强的特点且降低了测量成本。

[0008] 本发明为解决上述技术问题采用以下技术方案:

根据本发明提出的一种位移传感器,包括至少三个磁性传感单元,磁性传感单元用于测量待测物经过每个磁性传感单元时的磁场,所述待测物含有磁性材料,磁性传感单元沿待测物的运行方向排成一列或多列。

[0009] 作为本发明所述的一种位移传感器进一步优化方案,还包括用于提供背景磁场并磁化待测物的磁体。

[0010] 作为本发明所述的一种位移传感器进一步优化方案,所述磁性传感单元的磁场敏感方向相同。

[0011] 作为本发明所述的一种位移传感器进一步优化方案,相邻磁性传感单元的间距相同。

[0012] 作为本发明所述的一种位移传感器进一步优化方案,多个磁性传感单元并联和/或串联。

[0013] 作为本发明所述的一种位移传感器进一步优化方案,所述磁性传感单元为单电阻结构或半桥结构或全桥结构;所述单电阻结构包括一个磁电阻;所述半桥结构包括两个串联的磁电阻;所述全桥结构包括两个并联的半桥结构;所述磁电阻由一个或多个磁性传感元件串联和/或并联构成,所述磁性传感元件包括各向异性磁电阻元件、巨磁电阻元件和/或磁性隧道结元件。

[0014] 一种位移传感测量系统,包括上述的位移传感器,待测物上固定有多个磁性物质块,磁性传感单元还用于检测待测物中的磁性物质块经过其时的磁场,相邻磁性传感单元之间的间距小于相邻磁性物质块的距离。

[0015] 作为本发明所述的一种位移传感测量系统进一步优化方案,待测物具有磁性层,磁性传感单元还用于检测待测物的磁性层经过其时的磁场。

[0016] 本发明采用以上技术方案与现有技术相比,具有以下技术效果:

- (1)本发明具有高精度,高灵敏度,高气隙距离,抗干扰能力强的特点;
- (2)采用含有磁性物质的待测物或在待测物上设置磁性材料涂层取代传统的齿轮,在具备高精度,高灵敏度,高气隙距离,抗干扰能力强的特点的同时进一步降低了测量成本;
- (3)采用固定在待测物上的磁性物质块替代含有磁性物质的待测物,在具备高精度,高灵敏度,高气隙距离,抗干扰能力强的特点的同时进一步降低了测量成本。

附图说明

- [0017] 图1是本发明提出的位移传感器的结构示意图。
- [0018] 图2是本发明提出的带有磁体的位移传感器的结构示意图。
- [0019] 图3是本发明提出的位移传感测量系统的结构示意图。
- [0020] 图4是巨磁电阻元件或磁性隧道结元件的输出曲线图。
- [0021] 图5是全桥型磁性传感单元的输出曲线图。
- [0022] 图6是全桥型磁性传感单元的磁电阻的一种空间位置图。
- [0023] 图7是全桥型磁性传感单元的磁电阻的第二种空间位置图。
- [0024] 图8是采用多个全桥型磁性传感单元的并联式电连接图。
- [0025] 图9是本发明提出的位移传感器的输出曲线图。
- [0026] 图中的附图标记解释为:11a、11b、11c……11n均为磁性传感单元,21-待测齿轮,1-磁性传感单元的磁场敏感方向,12-磁体,23-磁性物质块,111、112、113、114、121、122、123、124、131、132、133、134均为磁电阻。

具体实施方式

- [0027] 下面结合附图及实施例对本发明的发明内容作进一步的描述。
- [0028] 为了使本技术领域的人员更好地理解本申请中的技术方案,下面将结合本申请实施例中的附图,对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都应当属于本申请保护的范围。

[0029] 如图1所示,本发明提出的位移传感器包括三个以及三个以上的多个磁性传感单元11a、11b、11c……11n,多个磁性传感单元沿待测齿轮21的运行方向x轴排成一列或排成阵列,多个磁性传感单元之间的间距D小于待测齿轮的齿间距P,多个磁性传感单元的磁场敏感方向1相同。工作时,齿轮21经过多个磁性传感单元输出多组输出信号,后端可通过这多组输出信号判断齿轮的位移量、位移方向、转速等物理量。实际上,采用多个磁性传感单元的位移传感器就是用多个磁性传感单元取代模数比低的齿轮,因为后者的造价高昂。后端在分析信号时,多组输出信号相当于齿轮的多个齿的输出信号(如图9所示,信号1、2、3为三个磁性传感单元的输出信号),为了和传统的采用两个磁性传感单元的齿轮传感器区分(传统的采用两个磁性传感单元的齿轮传感器是利用两组输出信号判断齿轮的运行方向),本发明提出的位移传感器至少含有三个磁性传感单元,且其输出精度依赖于磁性传感单元的个数,由于磁性传感单元的个数可根据需求设置,因此发明人无法穷举所有可能的传感单元个数,因此用“多个”来描述磁性传感单元的个数,本发明提出的“多个”,是至少三个。磁性传感单元的磁场敏感方向可以是垂直于齿轮21的运动方向x轴,也可以是平行于x轴,也可以呈一定角度倾斜。

[0030] 前述每个磁性传感单元之间的间距D是指每个磁性传感单元的物理中心沿待测物(例如齿轮)前进方向上(即x轴)的距离,通常来说,间距D要远小于齿轮的齿距P,这样在单位距离内就能设置更多的磁性传感单元,输出的信号越多,就更能将齿轮行进的轨迹细化,

提高测量精度。图1所示的位移传感器测量的是矫顽力较高的铁氧体或金属材料的齿轮，若齿轮材料的矫顽力较低，则需要设置磁体12，如图2所示，磁体12用以施加背景磁场磁化齿轮21，多个磁性传感单元11a、11b、11c……11n用以测量齿轮21的齿经过每一个磁性传感单元时所导致的磁场，从而输出相应的波形。

[0031] 待测物可以是齿轮，也可以不是齿轮，而是含有磁性材料（例如铁、钴或镍或上述三种金属任意两种或三种的合金，或含有铁、钴、镍任意一种或两种或三种的合金或化合物，或铁氧体材料，或其他铁磁、亚铁磁、顺磁材料，或上述材料的混合）的部件，也可以将待测物掺入磁性材料，或者在待测物上涂有磁性介质。若待测物的矫顽力较低，则需要设置磁体12。若待测物含有磁性材料，则经过每个磁性传感单元时，会导致其周围的磁场分布的变化，输出相应的波形，例如立方体的待测物是长的方波，四面体或圆锥体为尖锐的波形。若待测物上是磁性物质涂层，则其输出波形为相应的正弦波形（例如银行卡的磁条或硬盘盘面介质或磁栅尺）。每个磁性传感单元的输出波形相同，只是存在相位差，判断待测物的速度、位移、位移方向等物理量并不依赖实际的每组输出波形，而是根据多组输出信号相对应的峰值差判断，磁性传感单元越多，间距越小，越精确，因此待测物不需要必须是齿轮，只要含有磁性物质即可。由于后端对于输出信号的计算并不依赖单独的每组输出信号，而是通过多组信号的叠加，因此每个磁性传感单元的磁场敏感方向也不一定相同，也不需要一定要相邻的磁性传感单元的信号，相邻磁性传感单元之间的间距也不需要一定相同，只需满足含有磁性物质的待测物经过，且有多组信号输出，已知多个磁性传感单元的位置和间距即可。

[0032] 实际使用中，待测物未必含有磁性物质，或者不是金属材料，在这种情况下，额外设置含有磁性材料的部件就会增加成本，为了进一步降低成本，可将磁性物质块23固定于不含磁性材料的待测物22上，如图3所示。在该设计中，磁性物质块23可视为齿轮的齿，当磁性物质块23经过每个磁性传感单元时，可使该磁性传感单元附近的磁场分布发生变化，从而输出相应的波形。磁性物质块23包含磁性材料，可以是顺磁材料也可以是铁磁材料或二者的混合，若磁性物质块23的矫顽力较大，则不需要设置磁体12，若磁性物质块23的矫顽力较小，则需要设置磁体12，如图2所示，将齿轮替换为固定有磁性物质块的待测物即可。磁性物质块23的形状可根据需求设定，可以是立方体、圆柱体、半球体、四面体、圆锥体或其他规则的或不规则的形状，其主要特征是使不包含磁性材料的待测物22的具有磁性物质凸起，可用粘贴、焊接、镶嵌等固定方式固定在待测物22上。

[0033] 以设置三个磁性传感单元的位移传感器测量齿轮为例，如图9所示。当齿轮的一个齿或一个磁性物质块或含有磁性材料的待测物经过三个磁性传感单元11a、11b、11c时，其分别输出三组信号：信号1、信号2、信号3，我们以第一个峰为标准，可通过这三组信号的第一个峰之间的时间T，且已知信号1、2、3对应的磁性传感单元11a、11b、11c以及这三个磁性传感单元的间距D1、D2和位置（例如三个磁性传感单元沿着待测物的运行方向x轴依次排列），后端可以通过简单的程序结合前述已知参数和位移传感器测量的输出信号峰值得到待测物的运行方向、位移量和速度等物理量。例如，如果待测物经过三个磁性传感单元，则位移量为(D1+D2)，通过的时间为T，则速度为(D1+D2)/T，通过输出信号的相位差即可判断位移方向，相应的，若经过(m+1)个磁性传感单元，经过时间为T_m则位移为(D1+D2+……+D_m)，速度为(D1+D2+……+D_m)/T_m。实际应用中，由于每个磁性传感单元之间的间距D非常

小,为微米级别,只通过一个磁性传感单元的极端情况很少,如果需要在纳米或者几个微米级别进行测量,本发明提出的位移传感器也可实现,只需要将每个磁性传感单元设计成纳米级别或几个微米级别,由于巨磁电阻元件或磁性隧道结元件可通过纳米加工或微加工技术制备的非常小,且灵敏度很高,因此可以实现高精度的测量。前述的算法只是举例,实际应用中后端可根据传感器的输出做相应的设计,本发明的位移传感器既可定性测出相应磁性待测物的波形,也可定量测出每个磁性传感单元附近磁场的大小。后端在计算中也不必需要已知每个磁性传感单元的输出信号,也不需要一定是相邻位置的磁性传感单元,实际应用中可根据需求任取三组及以上即可,需要已知这三组及以上输出信号对应的磁性传感单元及其位置关系。出于便于后期信号处理的考虑,优选的方案是多个磁性传感单元磁场敏感方向相同,且相邻的磁性传感单元间距D相同。

[0034] 由设置多个磁性传感单元替代低模数比的齿轮,即采用在相对尺寸的距离下尽量设置多个磁性传感单元而不是使用多个齿的齿轮。进一步的,可将磁性物质块直接固定在待测物上以替代现有的齿轮。该实施例中采用了三个磁性传感单元结构,在实际应用中磁性传感单元的个数越多精度越高,其至少要有三个,其测量精度要大于现有的采用双传感单元的齿轮传感器。

[0035] 要在尽可能小的空间中集成更多的磁性传感单元,现有技术中通常采用的电感线圈、磁通门或霍尔元件是无法实现的,尤其是霍尔元件,需要有额外的聚磁环,且其精度和灵敏度都非常低,因此在本发明中,灵敏度和精度高同时体积小的各向异性磁电阻元件(AMR)、巨磁电阻元件(GMR)或磁性隧道结元件(MTJ)是优选的敏感元件,本发明提出的位移传感器中的磁性传感单元则包括这几种磁性传感元件,同时,由于上述磁性传感元件的高灵敏度特性,其可以在高气隙的距离下实现高精度测量。

[0036] 通常磁性传感单元由一个或多个磁性传感元件构成单电阻、半桥或全桥结构,所述单电阻结构包括一个磁电阻;所述半桥结构包括两个串联的磁电阻;所述全桥结构包括两个并联的半桥结构;所述磁电阻由一个或多个磁性传感元件串联和/或并联构成,所述磁性传感元件包括各向异性磁电阻元件、巨磁电阻元件和/或磁性隧道结元件。

[0037] 图4是巨磁电阻元件或磁性隧道结元件的输出曲线图。如图所示,巨磁电阻元件或磁性隧道结元件在外场H的作用下阻值发生变化,尤其是在 $-H_s$ 和 H_s 之间,其阻值呈线性变化,若外场的绝对值大于 H_s ,则其阻值没有变化,通常将 H_s 称为该类磁性传感元件的饱和场。巨磁电阻元件或磁性隧道结元件一般包含自由层、非磁性层和参考层三个纳米级别厚度的薄膜,区别在于,巨磁电阻元件的非磁性层为金属,磁性隧道结元件的非磁性层为绝缘材料,其中自由层的磁矩随外场变化,参考层的磁矩是被钉扎的,图4中黑色箭头即为参考层磁矩方向,白色箭头为自由层磁矩方向,可以清楚地看到自由层磁矩随外场变化,参考层磁矩不变,其阻值R在饱和场 $-H_s$ 和 H_s 之间呈线性变化, R_L 和 R_H 分别对应高阻态的阻值和低阻态阻值。实际使用中,可将多个磁性传感元件串联或并联作为一个磁电阻,或只将一个磁性传感元件作为一个磁电阻。将一个磁电阻通入稳恒电压或电流后,其两端的电压随阻值线性变化,其阻值在其工作区间内(即饱和场 H_s 内)随外场线性变化,便可实现对外场的测量。

[0038] 将两个磁电阻串联,通入稳恒电流或电压,即可组成一个半桥,该半桥的输出端口位于两个磁电阻之间,其可以是推挽半桥,也可以是梯度半桥,也可以是参考半桥,其输出曲线可参考单一磁电阻元件的R-H曲线。

[0039] 全桥结构由于其抗温漂性能成为磁性传感单元的优选结构。多个全桥型磁性传感单元的电连接方式如图8所示，多个磁性传感单元11a、11b、11c……11n并联，由端口V_{IN}和GND通入稳恒电压或电流，每组磁性传感单元分别输出。以11a为例，磁电阻111和112串联为一个半桥，113和114串联为一个半桥，这两个半桥并联组成一个全桥型磁性传感单元11a。其两个输出端口一个位于111和112之间，一个位于113和114之间。若该全桥结构为推挽全桥，则在相同的外场H的作用下，111和114阻值变大且变化相同，112和113的阻值变小且变化相同；若该全桥为参考全桥，在相同的外场H的作用下，111和114阻值同时变化且变化相同的时候，112和113的阻值不变或变化很小；若该全桥为梯度全桥，相同的外场H的作用下，111和114阻值变化相同，112和113的阻值变化相同。多个磁性传感单元11a、11b、11c……11n也可以是串联，也可以串并混联，由输入端口通入稳恒电流或电压，多组磁性传感单元分别输出。全桥型磁性传感单元的输出信号如图5所示。

[0040] 以三个梯度全桥型磁性传感单元为例，以下介绍全桥型磁性传感单元的磁电阻空间排布。

[0041] 图6是全桥型磁性传感单元的磁电阻的一种空间位置图。如图所示，沿着三个磁场传感单元11a、11b、11c的磁场敏感方向1，磁电阻111、114、121、124、131、134位于同一位置，磁电阻112、113、122、123、132、133位于同一位置，其电连接方式可参考如图8所示的多个磁性传感单元的电连接图，磁电阻111、112、113、114组成磁性传感单元11a，磁电阻121、122、123、124组成磁性传感单元11b，磁电阻131、132、133、134组成磁性传感单元11c。以11a为例，由于外场H为一梯度场，沿着磁场敏感方向1，位于对位的磁电阻111和114，112和113的阻值变化相同，位于邻位的磁电阻111和112(或113)的阻值变化不同，从而形成一组输出电压。磁性传感单元11b、11c同理。磁性传感单元11a、11b、11c的两个半桥之间的距离d1、d2、d3要小于待测齿轮的齿距或待测物上固定的磁性物质块的距离，且每个传感单元之间的距离D也要小于待测齿轮的齿距或待测物上固定的磁性物质块的距离。采用大于三个磁性传感单元的n个磁性传感单元的结构其磁电阻的设置方式与之相同，都是顺着x轴方向设置n个全桥。

[0042] 图7是全桥型磁性传感单元的磁电阻的另一种空间位置图。与第一种空间位置摆放相同的是，沿着三个磁场传感单元11a、11b、11c的磁场敏感方向1，磁电阻111、114、121、124、131、134位于同一位置，磁电阻112、113、122、123、132、133位于同一位置，其电连接方式也可参考如图8所示的多个磁性传感单元的电连接图，磁电阻111、112、113、114组成磁性传感单元11a，磁电阻121、122、123、124组成磁性传感单元11b，磁电阻131、132、133、134组成磁性传感单元11c。不同的是，三个传感单元的磁电阻错位摆放，且磁性传感单元11a、11b、11c的两个半桥之间的距离d1、d2、d3要小于待测齿轮的齿距或待测物上固定的磁性物质块的距离，且每个传感单元之间的距离D也要小于待测齿轮的齿距或待测物上固定的磁性物质块的距离。若采用大于三个的n个磁性传感单元，则在磁电阻组成的阵列中，左半部分都是每个传感单元的左半桥，右半部分都是每个传感单元的右半桥。

[0043] 上述以两种常用的摆放方式为例，但不局限于这两种摆放方式，例如还可以将每两个相邻的磁性传感单元的两个半桥交叉排列，每个半桥或磁电阻的排列方式可根据具体的需求设置布局图，本发明的位移传感器的重点在于采用三个及以上的多个磁性传感单元，只需满足这个条件即可。多个磁性传感单元的间距D可以相同，也可以不相同，只需要固

定且已知每个磁性传感单元的位置,已知每个磁性传感单元之间的间距D,以及已知每个磁性传感单元对应的输出信号即可。上述的梯度全桥型磁电阻摆放方式也适用于推挽全桥和参考全桥,磁性传感单元的磁场敏感方向1可垂直于x轴,也可与x轴平行或呈一角度,多个磁性传感单元可串联也可并联或串并结合。

[0044] 降低磁电阻灵敏度的以构成参考半/全桥可以采用但不局限于以下方式:如在磁性传感元件上沉积磁导率高的软磁材料,设置偏置场大的永磁体或沉积厚的反铁磁层等。通过以上方式可在一张晶圆上一次制备出参考全桥芯片。构建推挽半桥或全桥的方式可以是对位的磁电阻参考层磁矩方向相同,邻位磁电阻参考层磁矩方向相反,或者四个磁电阻的参考层磁矩方向都相同,自由层磁矩可预先设置为一角度,相对位置磁电阻的自由层磁矩方向相同,相邻位置的磁电阻自由层磁矩方向不同。

[0045] 应当理解,以上借助优选实施例对本发明的技术方案进行的详细说明是示意性的而非限制性的。本领域的普通技术人员在阅读本发明说明书的基础上可以对各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

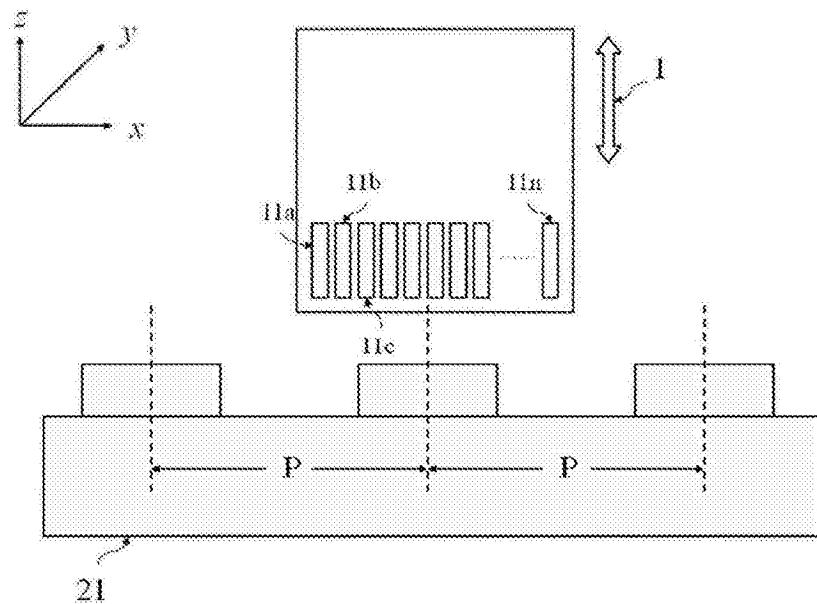


图1

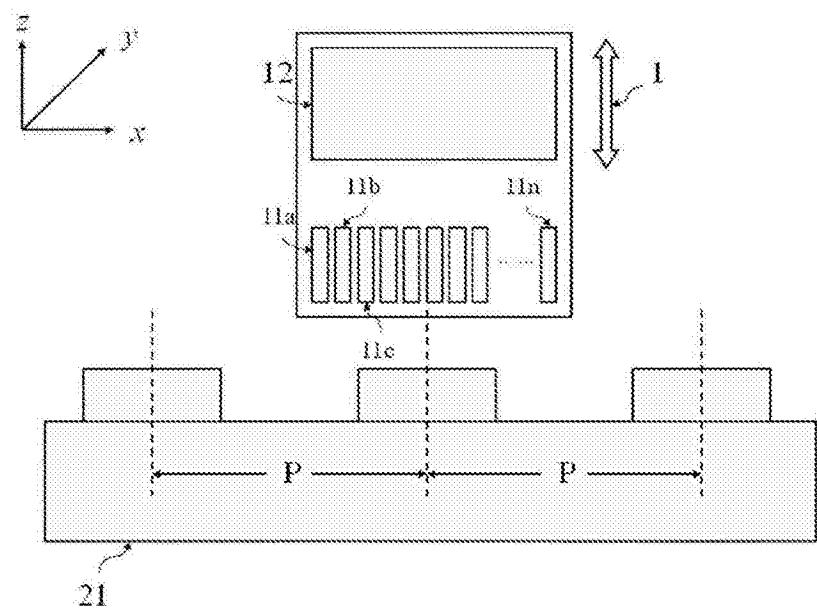


图2

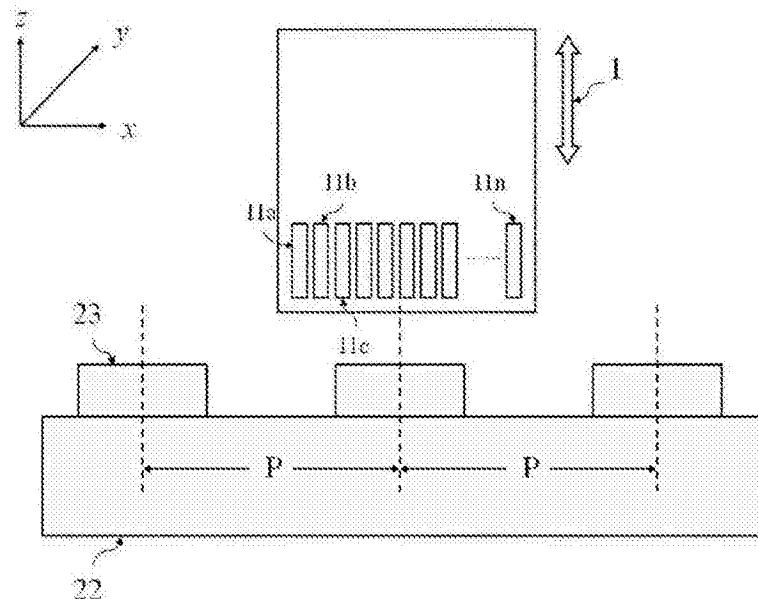


图3

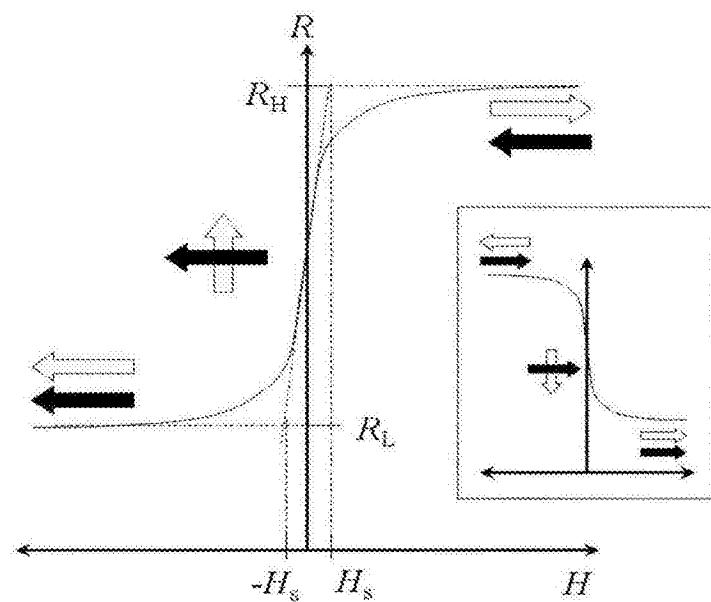


图4

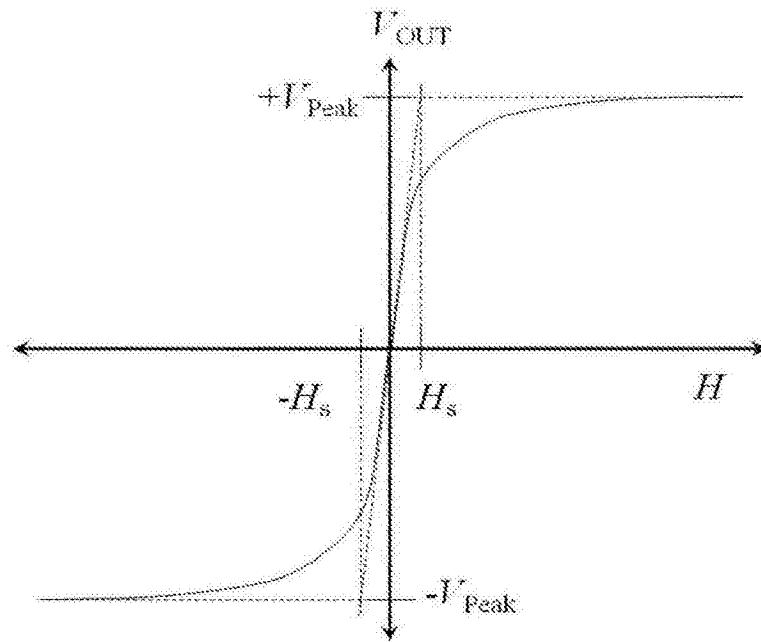


图5

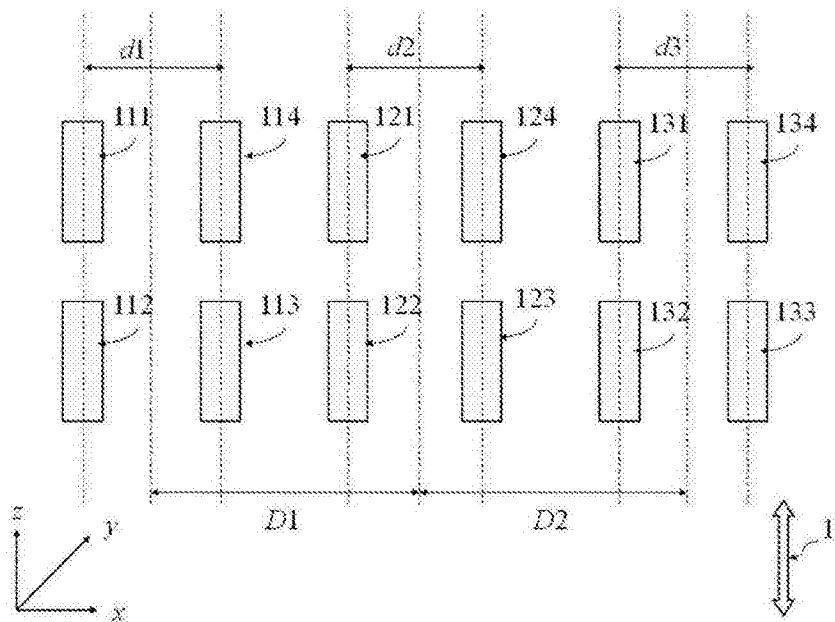


图6

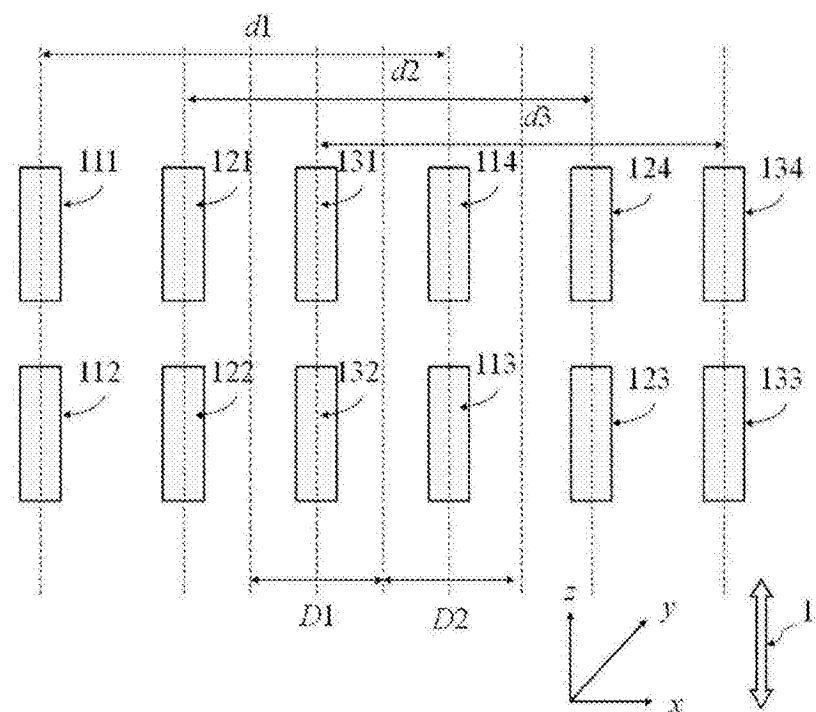


图7

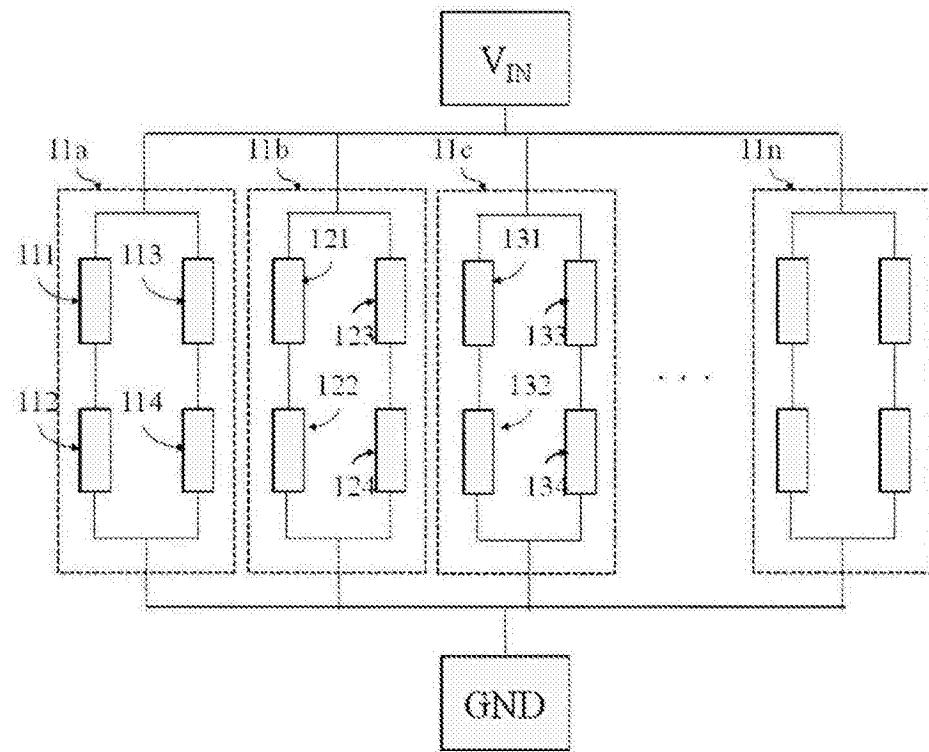


图8

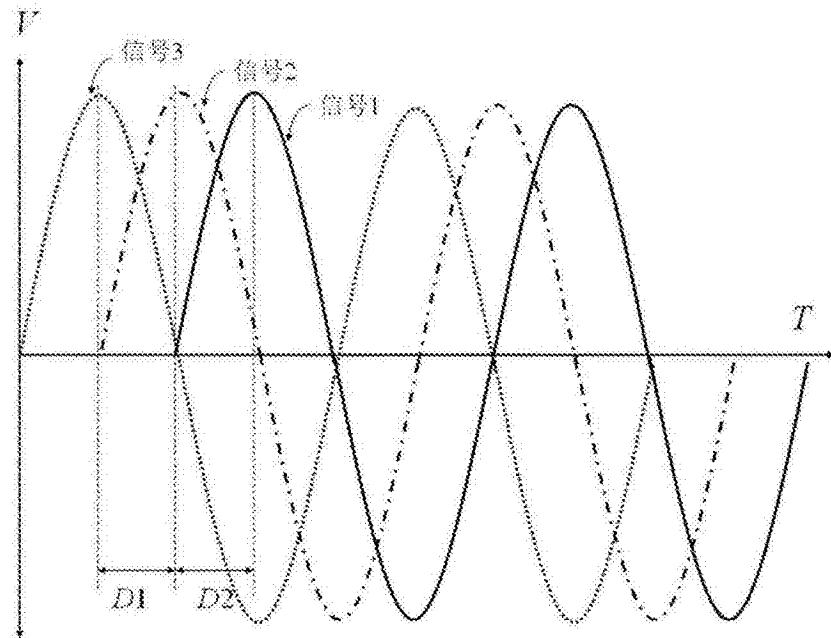


图9