(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2014 年 7 月 10 日 (10.07.2014)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2014/106471 A1

(51) 国际专利分类号:
H01F 7/02 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2014/070086

(22) 国际申请日: 2014 年 1 月 3 日 (03.01.2014)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201310002591.1 2013 年 1 月 5 日 (05.01.2013) CN

(71) 申请人: **江苏多维科技有限公司 (JIANGSU MULTIDIMENSIONAL TECHNOLOGY CO., LTD)** [CN/CN]; 中国江苏省张家港市保税区广东路 7 号, Jiangsu 215600 (CN)。

(72) 发明人: **迪克·詹姆斯·G (DEAK, James Geza)**; 中国江苏省张家港市保税区广东路 7 号, Jiangsu 215600 (CN)。 **周志敏 (ZHOU, Zhimin)**; 中国江苏省张家港市保税区广东路 8 号, Jiangsu 215600 (CN)。

(74) 代理人: **苏州创元专利商标事务所有限公司 (SUZHOU CREATOR PATENT & TRADEMARK AGENCY LTD.)**; 中国江苏省苏州市干将西路 93 号, Jiangsu 215002 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明，要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

根据细则 4.17 的声明:
— 发明人资格(细则 4.17(iv))

本国际公布:
— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

[见续页]

(54) **Title**: PERMANENT MAGNET SUITABLE FOR MAGNETIC ANGLE ENCODER

(54) **发明名称** : 一种适用于角度磁编码器的永磁体

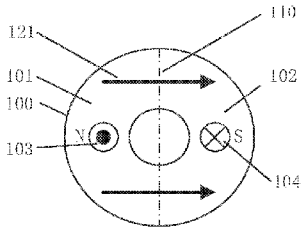


图 1 / FIG. 1

(57) **Abstract**: The present invention relates to a permanent magnet suitable for a magnetic angle encoder. The permanent magnet (100, 300) has an annular cylindrical structure and comprises a first permanent magnet unit (101, 301) and a second permanent magnet unit (102, 302). The first permanent magnet unit (101, 301) and the second permanent magnet unit (102, 302) are geometrically symmetrical with respect to a diametral cross section (110, 310). The magnetisation intensity (103, 303) of the first permanent magnet unit (101, 301) and the magnetisation intensity (104, 304) of the second permanent magnet unit (102, 302) are parallel to the axial direction of the annular cylinder and are in opposite directions, or the magnetisation intensity (103, 303) of the first permanent magnet unit (101, 301) and the magnetisation intensity (104, 304) of the second permanent magnet unit (102, 302) are perpendicular to the diametral cross section (110, 310) and are parallel to one another and in the same direction.

(57) **摘要**: 一种适用于角度磁编码器的永磁体，该永磁体（100，300）具有柱状圆环结构，并包含第一永磁单元（101，301）和第二永磁单元（102，302），第一永磁单元（101，301）和第二永磁单元（102，302）相对于直径截面（110，310）几何对称，第一永磁单元（101，301）的磁化强度（103，303）和第二永磁单元（102，302）的磁化强度（104，304）平行于柱状圆环的轴向，且方向相反，或第一永磁单元（101，301）的磁化强度（103，303）和第二永磁单元（102，302）的磁化强度（104，304）垂直于所述直径截面（110，310），且方向平行一致。

WO 2014/106471 A1

— 在修改权利要求的期限届满之前进行，在收到该修改后将重新公布(细则 48.2(h))。

发明名称: 一种适用于角度磁编码器的永磁体

[1] 技术领域

[2] 本发明涉及的是一种测量技术领域的永磁体，具体是涉及一种适用于角度磁编码器的永磁体，包含该永磁体的角度磁编码器和电子水表。

[3] 背景技术

[4] 随着传感器技术的迅猛发展，传统的机械水表逐渐向新颖的电子水表过渡。在各种传感器技术中，光电编码技术可以实现数字计数转轮代码的直接读取计量，而且不需要累积，从而得到广泛应用。但该技术普遍存在进位误码现象，而且对气泡、强光、污垢、渗漏等因素的抗干扰能力差。与光电编码技术相比，角度磁编码技术分辨率更高，无进位误码现象，稳定性好，而且可以完全根除光电技术引起的各种不良故障，成为一种可替代光电编码的编码技术。角度磁编码技术通过对数字计数转轮进行编码来得到计量读数，其原理是利用磁阻传感器如隧道磁阻角位移传感器来感应安装在数字计数转轮上的环形永磁体的旋转磁场相位 来测量转轮的转角和位置，并采用电子技术转变成相应数字读数。

[5] 角度磁编码技术的测量精度取决于磁敏角位移传感器和永磁体两个组成部分的性能特征。与霍尔传感器相比，磁阻传感器如隧道磁阻传感器具有更高的磁场灵敏度，其功耗和尺寸也可大大降低。隧道磁阻角位移传感器包含两个相互正交的隧道磁阻传感器。隧道磁阻角位移传感器工作时形成的两个正弦和余弦输出与永磁体检测磁场分量即永磁体产生的磁场在检测面内的分量及隧道磁阻传感器敏感轴之间形成的旋转磁场相位角 φ，本文中也称为探测磁场相位角，关系如下:

[6] OUT1=COS （φ）

[7] OUT2=SIN （φ）

[8] 利用反正切函数，就能根据隧道磁阻角位移传感器的输出 OUT1 和 OUT2 计算出旋转磁场相位角 φ 角度:

[9] φ =ATAN （OUT2/OUT1）。

[10] 永磁体在旋转过程中其旋转相位角 α，定义为永磁体在旋转过程中依次经过隧道磁阻传感器的位置矢量点 r 的相位角，永磁体的检测磁场分量使隧道磁阻传感器产生感应。当永磁体旋转相位角 α 和旋转磁场相位角 φ 之间形成线性关系，满足在 0~360 °范围内一一对应时，就可以将隧道磁阻传感器所探测的旋转磁场相位角 φ 和永磁体旋转相位角 α 位置关系对应起来。例如为了能使 0-9 这 10 个代表数字在转轮的某一直径的圆周上以等间距角度增量间隔开，事先将 α 的范围划分成 10 个区间，每一区间用一个预期的数字表示。通过将永磁体角度进行编码，进而通过电子技术转化，可以实现水表读数的直接输出。

[11] 因此，隧道磁阻角度磁编码器技术在应用于电子水表时对于永磁体的设计性能将具有特殊要求，而现有的角度磁编码器采用的永磁体具有如下缺点：

[12] （1）现有的角度磁编码器大都采用霍尔传感器作为角度传感器，其对应的检测磁场分量为永磁体产生的磁场垂直于检测面的分量，而隧道磁阻传感器对应的检测磁场分量为磁场在检测面内的分量，因此现有角度磁编码器的永磁体不能满足于隧道磁阻传感器磁场测量的要求。

[13] （2）现有的角度磁编码器永磁体一般采用的是实心圆柱设计，而电子水表为尽量减少安装空间，要求永磁体为圆环形以便直接安装在转轮上。

[14] 发明内容

[15] 本发明的目的在于克服现有技术中存在的上述缺点，提供一种适用于角度磁编码器的永磁体，使之能够安装在电子水表转轮上，节省安装空间，并能够满足隧道磁阻传感器与检测面内磁场分量之间的旋转磁场相位角 φ 和永磁体旋转相位角 α 之间线性关系的要求，从而提高角度磁编码器的测量精度。

[16] 根据本发明的一个方面，提供一种适用于角度磁编码器的永磁体，该永磁体具有柱状圆环结构，包含第一永磁单元和第二永磁单元，所述第一永磁单元和第二永磁单元相对于直径截面几何对称，所述直径截面为所述永磁体的外直径与轴向长度所构成的截面，

[17] 所述第一永磁单元的 磁化强度 和第二永磁单元的磁化强度平行于柱状圆环的轴向，且方向相反，或

[18] 所述第一永磁单元的 磁化强度 和第二永磁单元的磁化强度垂直于所述直径截

面，且方向平行一致。

[19] 优选地，所述第一永磁单元的磁化强度和第二永磁单元的磁化强度大小相同。

[20] 优选地，所述永磁体柱状圆环结构的外径为 3-200 mm。

[21] 优选地，所述永磁体柱状圆环结构的内径为 1-100 mm。

[22] 优选地，所述永磁体柱状圆环结构的轴向长度为 1-50 mm。

[23] 优选地，所述永磁体所对应的检测面位于柱状圆环端面前方且平行于底面。

[24] 优选地，所述检测面与所述柱状圆环端面之间的距离为 1-5 mm。

[25] 优选地，永磁体所对应的检测磁场分量为磁场在检测面内的分量。

[26] 优选地，特定检测区域位于检测面内距离柱状圆环轴心特定半径范围的区域内，在该特定检测区域内检测磁场分量的旋转相位角和永磁体的旋转相位角具有线性变化特征。

[27] 优选地，所述永磁体的组成材料为 Alnico。

[28] 优选地，永磁体的组成材料为铁氧体陶瓷材料 $MO{\cdot}6Fe_2O_3$，M 为 Ba，Sr 或者两者的组合。

[29] 优选地，永磁体的组成材料为选自 $RECo_5$，其中 RE=Sm 和 / 或 Pr；RE_2TM_{17}，其中 RE=Sm，TM=Fe，Cu，Co，Zr 和 / 或 Hf；以及 $RE_2TM_{14}B$，其中 RE=Nd，Pr 和 / 或 Dy，TM=Fe 和 / 或 Co 中的一种或多种。

[30] 优选地，永磁体的组成材料为选自 FeCrCo 合金和 NbFeB 合金中的一种或多种。

[31] 更优选地，永磁体为所述永磁体的组成材料的粉末和塑料、橡胶或树脂形成的复合体。

[32] 本发明具有如下有益效果:

[33] 1）本发明采用的柱状圆环永磁体，结构简单，能够直接镶嵌在水表数字转轮内，减小对安装空间的要求。

[34] 2）本发明采用的柱状圆环永磁体，包含两个简单永磁单元，其磁化组态简单，易于实现。

[35] 3）本发明采用的柱状圆环永磁体，在检测面内存在检测磁场分量旋转相位角

和永磁体旋转相位角之间具有线性关系的特定检测区域，满足隧道磁阻传感器的测量要求。

[36] 4）本发明采用的柱状圆环永磁体，检测面与端面距离，检测面内的特定检测区域与轴心的距离都可以在较大范围内变化，使得隧道磁阻传感器的安装空间较为灵活。

[37] 5）根据本发明的磁编码器和电子水表具有小的体积和高的测量精度。

[38] 附图说明

[39] 图 1 为根据本发明实施例 1 的永磁体的顶视图。

[40] 图 2 为图 1 所示永磁体的前视图。

[41] 图 3 为根据本发明实施例 2 的永磁体的顶视图。

[42] 图 4 为图 3 所示永磁体的前视图。

[43] 图 5 为根据本发明的永磁体相对于隧道磁阻传感器的安装位置顶视图。

[44] 图 6 为根据本发明的永磁体相对于隧道磁阻传感器的安装位置侧视图。

[45] 图 7 为实施例 1 的永磁体在检测面内的三维磁场矢量分布图。

[46] 图 8 为实施例 1 的永磁体检测面内检测磁场分量的旋转磁场相位角 φ 和永磁体旋转相位角 α 的典型线性关系图。

[47] 图 9 为实施例 1 的永磁体检测面内检测磁场分量的旋转磁场相位角 φ 和永磁体旋转相位角 α 的非线性关系曲线图。

[48] 图 10 为实施例 1 的永磁体检测面内检测磁场分量的旋转磁场相位角 φ 和永磁体旋转相位角 α 的介于线性和非线性之间的关系图。

[49] 图 11 为实施例 1 的永磁体检测面内检测磁场分量磁场幅度 Bx-y 和永磁体旋转相位角度 α 关系图。

[50] 图 12 为实施例 1 的永磁体检测面内，检测磁场分量的旋转磁场相位角 φ 和永磁体旋转相位角 α 关系的直线拟合参数 R^2 与隧道磁阻传感器距离轴心相对位置 r/Ro 关系图。

[51] 图 13 为实施例 1 的永磁体检测面内，检测磁场分量的正则磁场幅度与隧道磁阻传感器距离轴心相对位置 r/Ro 关系图。

[52] 图 14 为实施例 2 的永磁体在检测面内的三维磁场矢量分布图。

[53] 图 15 为实施例 2 的永磁体检测面内检测磁场分量的旋转磁场相位角 φ 和永磁体旋转相位角 α 的典型线性关系图。

[54] 图 16 为实施例 2 的永磁体检测面内检测磁场分量的旋转磁场相位角 φ 和永磁体旋转相位角 α 的非线性关系图。

[55] 图 17 为实施例 2 的永磁体检测面内旋转磁场分量的旋转磁场相位角 φ 和永磁体旋转相位角 α 的介于线性和非线性之间的关系图。

[56] 图 18 为实施例 2 的永磁体检测面内检测磁场分量的磁场幅度 Bx-y 与永磁体旋转相位角度 α 关系图。

[57] 图 19 为实施例 2 的永磁体检测面内，检测磁场分量的旋转磁场相位角 φ 和永磁体旋转相位角 α 的直线拟合参数 R^2 与隧道磁阻传感器距离轴心相对位置 r/Ro 的关系图。

[58] 图 20 为实施例 2 的永磁体检测面内，检测磁场分量的正则磁场幅度与隧道磁阻传感器距离轴心相对位置 r/Ro 关系图。

[59] 图 21 为电子水表结构示意图。

[60] 具体实施方式

[61] 下面将参照附图并结合具体实施例对本发明进行详细的说明。

[62] 实施例 1

[63] 图 1 和图 2 示意性示出根据本发明实施例 1 的永磁体 100 的示意图。永磁体 100 为柱状圆环几何结构，包含永磁单元 101 和永磁单元 102，永磁单元 101 和永磁单元 102 以直径截面 110 几何对称。永磁单元 101 的磁化强度 103 和永磁单元 102 的磁化强度 104 沿轴心方向反平行。优选的，所述永磁体 101 的磁化强度 103 和永磁单元 102 的磁化强度 104 大小相同。

[64] 本领域技术人员可以根据需要设计永磁体 100 的尺寸。优选的，永磁体 100 的柱状圆环的内径为 1-100mm，柱状圆环的外径为 3-200 mm，柱状圆环的轴向长度为 1-50 mm。

[65] 永磁体 100 对应的检测面 120 位于柱状圆环端面前方且平行于端面。优选的，该检测面 120 与柱状圆环端面之间的距离为 1-5 mm。本文中，永磁体 100 所对应的检测磁场分量 121 为永磁体产生的磁场在检测面 120 内的分量。本文中，

检测面 120 内所对应的特定检测区域 122 位于距离柱状圆环轴心特定半径范围的区域内，在该特定检测区域内，检测磁场分量 121 的旋转相位角和永磁体 100 旋转相位角具有线性变化特征，这将在下文具体描述。

[66] 优选的，永磁体 100 的组成材料为 Alnico。可替换地，永磁体 100 的组成材料为铁氧体陶瓷材料 $MO{\cdot}6Fe_2O_3$， M 为 Ba， Sr 或者两者的组合。可替换地，永磁体 100 的组成材料为 $RECo_5$， RE=Sm 和 / 或 Pr； RE_2TM_{17}， RE=Sm，TM=Fe， Cu， Co， Zr 和 / 或 Hf 以及 $RE_2TM_{14}B$， RE=Nd， Pr 和 / 或 Dy，TM=Fe 和 / 或 Co。可替换地，所述永磁体 100 的组成材料为 FeCrCo 合金或 NbFeB 合金。优选的，所述永磁体 100 为上述永磁体 100 的组成材料的粉末和塑料、橡胶或树脂等形成的复合体。

[67] 实施例 2

[68] 图 3 和图 4 示意性示出根据本发明实施例 2 的永磁体 300 的示意图。永磁体 300 为柱状圆环几何结构，包含永磁单元 301 和永磁单元 302，永磁单元 301 和永磁单元 302 以直径截面 310 几何对称。永磁单元 301 的磁化强度 303 和永磁单元 302 的磁化强度 304 沿垂直于直径截面方向平行一致。优选的，所述永磁单元 301 的磁化强度 303 和永磁单元 302 的磁化强度 304 大小相同。

[69] 本领域技术人员可以根据需要设计永磁体 300 的尺寸。优选的，永磁体 300 的柱状圆环的内径为 1-100mm，柱状圆环的外径为 3-200 mm，柱状圆环的轴向长度为 1-50 mm。

[70] 永磁体 300 对应的检测面 320 位于柱状圆环端面前方且平行于端面。优选的，该检测面 320 与柱状圆环端面之间的距离为 1-5 mm。本文中，永磁体 300 所对应的检测磁场分量 321 为永磁体产生的磁场在检测面 320 内的分量。本文中，检测面 320 内所对应的特定检测区域 322 位于距离柱状圆环轴心特定半径范围的区域内，在该特定检测区域内，检测磁场分量 321 的旋转相位角和永磁体 300 旋转相位角具有线性变化特征，这将在下文具体描述。

[71] 优选的，永磁体 300 的组成材料为 Alnico。可替换地，永磁体 300 的组成材料为铁氧体陶瓷材料 $MO{\cdot}6Fe_2O_3$， M 为 Ba， Sr 或者两者的组合。可替换地，永磁体 300 的组成材料为 $RECo_5$， RE=Sm， Pr，或 RE_2TM_{17}， RE=Sm，

TM=Fe， Cu， Co， Zr， Hf 以及 $RE_2TM_{14}B$， RE=Nd， Pr， Dy， TM=Fe，Co。可替换地，所述永磁体 300 的组成材料为 FeCrCo 合金或 NbFeB 合金。优选的，所述永磁体 300 为上述永磁体 300 的组成材料的粉末和塑料、橡胶或树脂等形成的复合体。

[72] 实施例 3

[73] 实施例 3 为根据本发明的一种角度磁编码器，包括 可绕轴旋转数字转轮，镶嵌在数字转轮中的永磁体，隧道磁阻传感器和数字处理电路。永磁体为根据本发明的永磁体。隧道磁阻传感器位于所述永磁体检测面上，用于感测所述永磁体产生的磁场在该检测面内的分量并输出感测信号。隧道磁阻传感器被布置在永磁体的检测面内距离永磁体柱状圆环轴心特定半径范围的区域内，在该特定半径范围的区域内，所述永磁体产生的磁场在检测面内的分量的旋转磁场相位角 φ 与永磁体旋转相位角 α 呈线性变化关系。数字处理电路用于根据来自所述隧道磁阻传感器的感测信号计算并输出表征所述永磁体旋转角度的代码。

[74] 图 5 和图 6 分别为实施例 3 中永磁体 100， 300 和隧道磁阻传感器 500 安装位置的顶视图和侧视图，检测面 120， 320 距离永磁体端面距离为 d。以永磁体轴心为原点在检测面 120， 320 内建立 X-Y 坐标系统，如图 5 所示。假定永磁体 100， 300 的柱状圆环内半径为 Ri，外半径为 Ro，厚度为 t，隧道磁阻传感器 500 在检测面 120， 320 内的位置矢量为 r(x， y)，其相对于 X 轴的方位角为 α。假定 r 处的检测磁场分量 Bx-y(Bx， By) 方位角度为 β。角度 α 和角度 β 的计算关系如下：

[75] $$\alpha = \operatorname{atan}\left(\frac{y}{x}\right)$$

，(x>0)，

[76] $$\alpha = \operatorname{atan}\left(\frac{y}{x}\right) + \pi$$

，(x<0， y>0)，

[77] $$\alpha = \operatorname{atan}(y/x) - \pi$$

，(x<0， y<0)，

[78] $$\beta = \operatorname{atan}\left(\frac{By}{Bx}\right)$$

，(Bx>0)，

[79] $$\beta = \operatorname{atan}\left(\frac{By}{Bx}\right) + \pi$$

，(Bx<0， By>0)，

[80] $$\beta = \operatorname{atan}(By/Bx) - \pi$$

，(Bx<0， By<0)，

[81] α 和 β 在 (-180^0， 180^0) 之间变化。

[82] 隧道磁阻传感器 500 所测量的为检测磁场分量 Bx-y 与其敏感轴的夹角 φ = β - α。

[83] 当角度磁编码器工作时，隧道磁阻传感器 500 保持固定，而永磁体 100， 300 围绕轴心旋转，则检测平面内以原点为圆心， r 为半径的圆上各点依次经过隧道磁阻传感器 500，并产生旋转磁场，其相位和幅度被隧道磁阻传感器 500 所测量。这等效于永磁体 100， 300 保持固定，隧道磁阻传感器 500 依次平移到圆周上不同位置点并测量检测磁场。则此时，永磁体旋转相位角为 α，而旋转磁场相位角为 φ。

[84] 图 7 为永磁体 100 在检测平面 120 上的三维磁场矢量图，通过对检测平面 120 内二维磁场分量 Bx-y 分布特征进行计算，可以得到 r 在 (0， Ro) 范围内变化时旋转磁场相位角 φ 和永磁体旋转相位角 α 的关系，其关系可以是线性关系，非线性关系或介于线性和非线性之间的关系特征。例如，图 8 所示曲线 18 为 旋转磁场相位角 φ 和永磁体旋转相位角 α 之间可能出现的典型的线性关系，图 9 所示曲线 19 为旋转磁场相位角 φ 和永磁体旋转相位角 α 之间可能出现的典型非线性关系，图 10 所示曲线 20 为旋转磁场相位角 φ 和永磁体旋转相位角 α 之间可能出现的介于线性和非线性之间关系特征。图 11 为旋转磁场幅度 Bx-y 和旋转角度 α 关系图，曲线 21。由曲线 21 看出，旋转磁场幅度是周期 W 形变化，其对应的最大值和最小值为 B_H， B_L。对于磁阻角度传感器而言，希望永磁体在旋转过程中磁场幅度的波动尽可能小，以保证传感器信号不受影响。

[85] 采用直线函数来拟合如图 8， 9， 10 所示的 φ 和 α 之间关系，并计算其线性拟合参数 R^2， R^2 越接近 1 表示线性越好。

[86] 曲线 21 所示的磁场波动程度可以采用如下关系式进行表征：

[87] $$\text{normalized B} = B_{pp}/B_L = (B_H - B_L)/B_L$$

[88] normalized B 数值越小，表明磁场波动越小。

[89] 为了确定检测面 120 内旋转磁场相位角 φ 和永磁体旋转相位角 α 之间线性的区域以及非线性的区域的范围，对 r 在（ 0， Ro ）之间取不同值时的旋转磁场相位角 φ 和永磁体旋转相位角 α 关系 曲线进行拟合，并计算得到磁场波动关系 normalized B 与永磁体旋转相位角 α 关系曲线。

[90] 图 12 为线性拟合参数 R^2 与 r/Ro 的关系图。从曲线 22 可以看出，在区域 23 内，其值接近于 1，表明在此区域内旋转磁场相位角 φ 和永磁体旋转相位角 α 接近线性关系，因此区域 23 即为隧道磁阻传感器在永磁体 100 的检测面 120 内所对应的特定检测区域，该区域适合于放置隧道磁阻传感器 17，而在区域 24 范围内则不适合于隧道磁阻传感器 17 的放置。

[91] 图 13 为检测面 120 内， normalized B 与隧道磁阻传感器 500 相对位置 r/Ro 的关系曲线。从曲线 25 可以看出，在特定检测区域 23 内磁场变化幅度适合于隧道磁阻传感器 17 的信号探测。

[92] 实施例 4

[93] 实施例 4 为根据本发明的另一种角度磁编码器，包括 可绕轴旋转的如具体如实施例 2 所述结构的永磁体，隧道磁阻传感器和数字处理电路。除永磁体外，实施例 4 与实施例 3 相同，这里不再赘述。

[94] 图 14 为永磁体 300 在检测面 320 内的三维磁场矢量图，通过对检测平面 310 内二维磁场分量 Bx-y 分布特征进行计算，得到图如 15， 16， 17 所示的检测面 320 内旋转磁场相位角 φ 和永磁体旋转相位角 α 之间线性关系曲线 26，非线性关系曲线 27 和介于线性非线性的关系曲线 28。线性关系曲线 26 的存在表明永磁体 300 在其检测面上存在旋转磁场相位角 φ 和永磁体旋转相位角 α 之间呈线性关系的区域，该永磁体可以应用于角度磁编码器。

[95] 图 18 为旋转磁场幅度 Bx-y 与永磁体旋转相位角度 α 关系图，从曲线 29 可以看出，旋转磁场 Bx-y 随旋转相位角 α 为周期性 M 形波动关系。

[96] 同样，为了确定线性区域在检测面 320 内的范围，对不同相对位置 r/Ro 数值的 φ - α 关系曲线进行拟合，得到图 19 所示的线性拟合参数 R^2 曲线，由曲线 30 可以看出，检测面 320 内的特定检测区域 31 为适合于隧道磁阻传感器 500 的工作区域，而在区域 32 内则不适合于放置隧道磁阻传感器 500。进一步，由图 20 可以看出， Normalized B 随隧道磁阻传感器 500 相对位置 r/Ro 关系曲线 33 在特定检测区域 31 内变化幅度相对于非工作区域 32 变化较小。

[97] 以上分析可以看出，对于永磁体 100 和永磁体 300 ，在检测平面 120 和 320 内，存在着特定检测区域 23 和 31 ，使得隧道磁阻传感器 500 在该区域内旋转磁场相位角 φ 与永磁体旋转相位角 α 之间存在线性关系，并且其磁场波动幅度满足传感器的要求。这样，隧道磁阻传感器所测量的旋转磁场角度可被转变化成永磁体旋转角度，并由 数字处理电路计算并输出为表征所述永磁体旋转角度的代码， 实现角度磁编码器的角度编码。根据本发明的角度磁编码器可应用于电子水表等领域。

[98] 实施例 5

[99] 图 21 所示为安装有永磁体 100 或 300 的角度磁编码器的电子水表结构图。下面结合实施例 1 的永磁体和实施例 4 的角度磁编码器描述根据本发明的电子水表。电子水表包括中心转轴和至少一个角度磁编码器。当电子水表包括多个角度磁编码器时， 依次排列的角度磁编码器的转轴间具有确定的转数关系。

[100] 例如，永磁体 100 为柱状圆环结构，包含永磁单元 101 和永磁单元 102 ，且相对于直径截面 110 几何对称，永磁单元 101 和永磁单元 102 的对应磁化强度 103 和 104 沿轴线方向反平行，且大小相同。

[101] 在每个 角度磁编码器 中，永磁体 100 外径为 3-20 mm ，内径为 1 -15 mm ，轴向长度为 1.5-10 mm ，永磁体 100 镶嵌在数字转轮 2001 中，数字转轮围绕中心轴 2003 转动，隧道磁阻传感器 500 安装在距离永磁体 100 端面 1-5 mm 的检测面 120 内的距离轴心 r/Ro 特定检测区域 23 内，在该特定检测区域内，检测磁场分量的旋转磁场相位角 φ 与永磁体旋转相位角 α 呈线性关系。检测磁场分量

121 为磁场在检测面 120 内的分量。隧道磁阻传感器 500 位于电路板 2002 上，其两端信号通过电路板 2002 输出。数字转轮 2001 安装在中心轴 2003 上，和电路板 2002 一起固定在水表机架 2004 上。由于检测磁场分量 121 的旋转磁场相位角 φ 和永磁体相位角 α 之间的线性关系，因此，能够将根据隧道磁阻传感器 500 测量得到的旋转磁场相位角 φ 和永磁体相位角 α 一一对应起来。隧道磁阻传感器所测量的旋转磁场角度可被转变化成数字转轮的旋转角度，并由 数字处理电路计算并输出为表征所述数字转轮旋转角度的代码。

[102] 各磁编码器的各转轴上不同的数字转轮用于读出不同的位数，各转轴相互之间为 10:1 的转数关系。各数字转轮的角位移即为永磁体旋转相位角 α，可通过各隧道磁阻传感器 500 对与数字转轮相连的永磁体 100 的旋转磁场的测量计算得到。通过将转轮的角度在 0~360 °内分成十个等分，并分别用十个数字进行表征，就可以建立转轮的角位移和数字之间的关系，并通过电路板 2002 上的数字处理电路处理显示成数字代码形式。通过对不同的数字转轮所对应的数字的读取，即可获得电子水表读数直接显示。

[103] 安装有永磁体 300 的电子水表的工作原理类似于采用永磁体 100 的电子水表。永磁体 300 为柱状圆环结构，包含永磁单元 301 和永磁单元 302，且相对于直径截面 310 几何对称。永磁单元 301 和永磁单元 302 磁化强度大小相同，方向沿垂直于直径截面 310 方向平行。永磁体 300 外径例如为 5-20 mm，内径为 1-5 mm，轴向长度为 1-5 mm。隧道磁阻传感器 500 安装在距离永磁体 300 端面 1-5 mm 的检测面 320 内的距离轴心距离为 r/Ro 的特定检测区域 31 内，在该特定检测区域内，检测磁场分量的旋转磁场相位角 φ 与永磁体旋转相位角 α 呈线性关系。检测磁场分量 321 为磁场在检测面 320 内的分量。其检测过程类似于采用永磁体 100 的电子水表，这里不再赘述。

[104] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已，并不用于限制本发明，对于本领域的技术人员来说，本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

权利要求书

[权利要求 1] 1．一种适用于角度磁编码器的永磁体，该永磁体 (100， 300) 具有柱状圆环结构，并包含第一永磁单元 (101， 301) 和第二永磁单元 (102， 302)，所述第一永磁单元 (101， 301) 和第二永磁单元 (102， 302) 相对于直径截面 (110， 310) 几何对称，其特征在于，

所述第一永磁单元 (101， 301) 的磁化强度 (103， 303) 和第二永磁单元 (102， 302) 的磁化强度 (104， 304) 平行于柱状圆环的轴向，且方向相反，或

所述第一永磁单元 (101， 301) 的磁化强度 (103， 303) 和第二永磁单元 (102， 302) 的磁化强度 (104， 304) 垂直于所述直径截面 (110， 310)，且方向平行一致。

[权利要求 2] 2．根据权利要求 1 所述的一种适用于角度磁编码器的永磁体，其特征在于，所述第一永磁单元 (101， 301) 的磁化强度 (103， 303) 和第二永磁单元 (102， 302) 的磁化强度 (104， 304) 大小相同。

[权利要求 3] 3．根据权利要求 1 所述的一种适用于角度磁编码器的永磁体，其特征在于，所述永磁体 (100， 300) 柱状圆环结构的外径为 3-200mm。

[权利要求 4] 4．根据权利要求 1 所述的一种适用于角度磁编码器的永磁体，其特征在于，所述永磁体 (100， 300) 柱状圆环结构的内径为 1-100 mm。

[权利要求 5] 5．根据权利要求 1 所述的一种适用于角度磁编码器的永磁体，其特征在于，所述永磁体 (100， 300) 柱状圆环结构的轴向长度为 1-50 mm。

[权利要求 6] 6．根据权利要求 1 所述的一种适用于角度磁编码器的永磁体，其特征在于，所述永磁体 (100， 300) 所对应的检测面 (120， 320) 位于柱状圆环端面前方且平行于底面。

[权利要求 7] 7．根据权利要求 6 所述的一种适用于角度磁编码器的永磁体，其特征在于，所述检测面 (120， 320) 与所述柱状圆环端面之间的距离为 1-5 mm。

[权利要求 8] 8．根据权利要求 1 所述的一种适用于角度磁编码器的永磁体，其特征在于，永磁体 (100， 300) 所对应的检测磁场分量为磁场在检测面 (120， 320) 内的分量。

[权利要求 9] 9．根据权利要求 1 所述的一种适用于角度磁编码器的永磁体，其特征在于， 特定检测区域 (23， 31) 位于检测面 (120， 320) 内距离柱状圆环轴心特定半径范围的区域内，在该特定检测区域内检测磁场分量的旋转相位角（φ）和永磁体的旋转相位角（α）具有线性变化特征。

[权利要求 10] 10．根据权利要求 1 所述的一种适用于角度磁编码器的永磁体，其特征在于，所述永磁体 (100， 300) 的组成材料为 Alnico。

[权利要求 11] 11．根据权利要求 1 所述的一种适用于角度磁编码器的永磁体，其特征在于，永磁体 (100， 300) 的组成材料为铁氧体陶瓷材料 $MO{\cdot}6Fe_2O_3$， M 为 Ba， Sr 或者两者的组合。

[权利要求 12] 12．根据权利要求 1 所述的一种适用于角度磁编码器的永磁体，其特征在于，永磁体 (100， 300) 的组成材料为选自 $RECo_5$，其中 RE=Sm 和 / 或 Pr； RE_2TM_{17}，其中 RE=Sm， TM=Fe， Cu ， Co， Zr 和 / 或 Hf；以及 $RE_2TM_{14}B$，其中 RE=Nd， Pr 和 / 或 Dy， TM=Fe 和 / 或 Co 中的一种或多种。

[权利要求 13] 13．根据权利要求 1 所述的一种适用于角度磁编码器的永磁体，其特征在于，永磁体 (100， 300) 的组成材料为选自 FeCrCo 合金和 NbFeB 合金中的一种或多种。

[权利要求 14] 14．根据权利要求 10-13 中任一权利要求的一种适用于角度磁编码器的永磁体，其特征在于，永磁体 (100， 300) 为所述永磁体 (100,300) 的组成材料的粉末和塑料、橡胶或树脂形成的复合体。

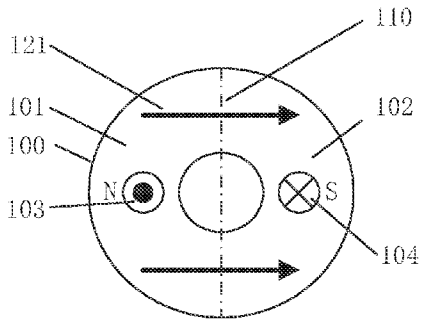

110
121
101
102
100
N
S
103
104

图 1

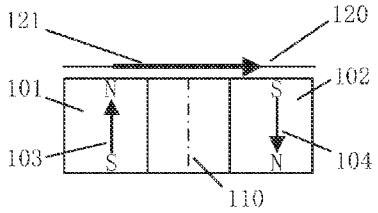

121
120
101
N
S
102
103
S
N
104
110

图 2

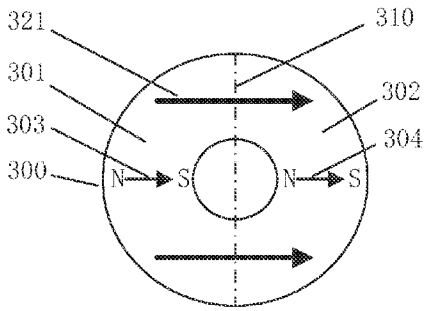

321
310
301
302
303
304
300
N
S
N
S

图 3

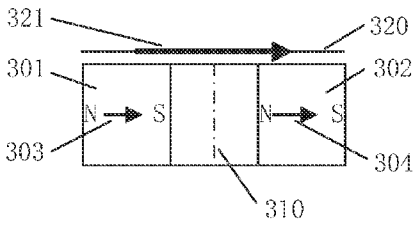

321
320
301
302
N
S
N
S
303
304
310

图 4

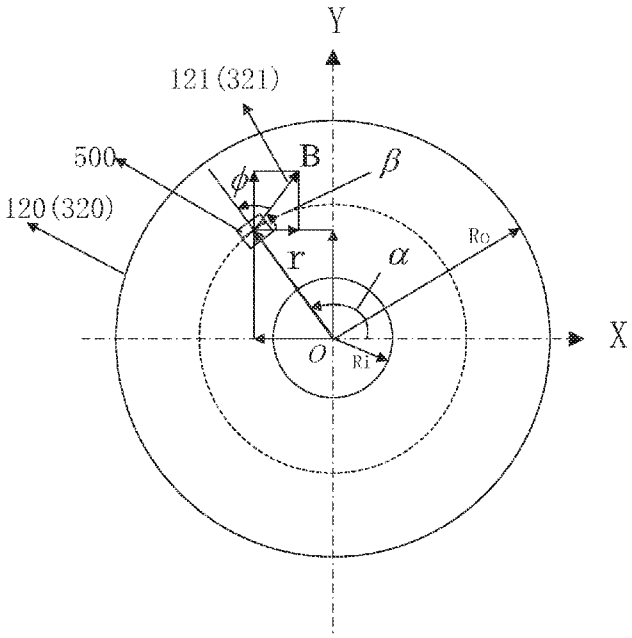

Y
121(321)
500
B
β
φ
120(320)
r
α
Ro
X
O
Ri

图 5

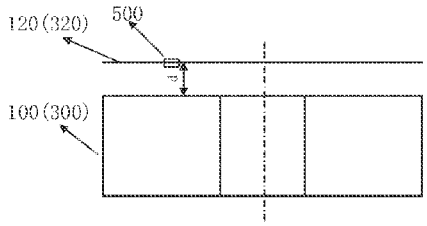

120(320)
500
100(300)

图 6

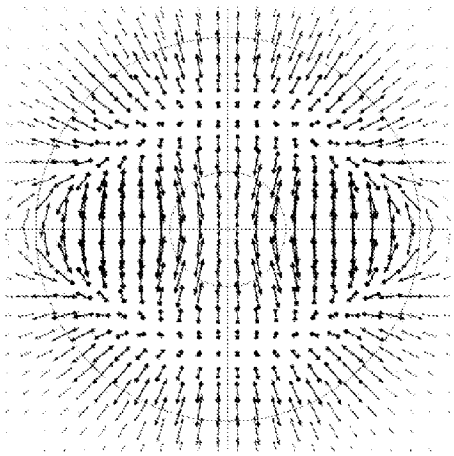


图 7

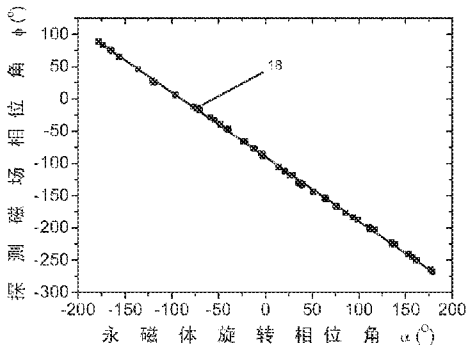

100
50
0
-50
-100
-150
-200
-250
-300
-200 -150 -100 -50 0 50 100 150 200
18

图 8

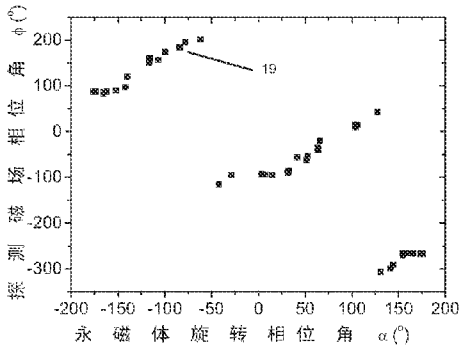

探测磁场相位角 φ(°)
200
100
0
-100
-200
-300
19
-200 -150 -100 -50 0 50 100 150 200
永磁体旋转相位角 α(°)

图 9

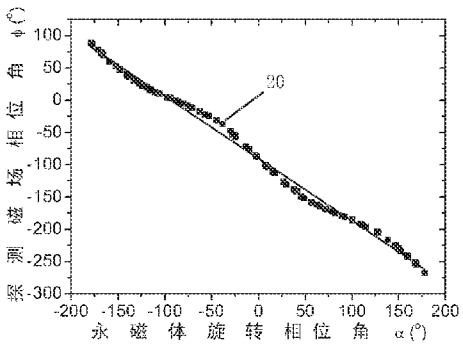

探测磁场相位角 φ(°)
100
50
0
-50
-100
-150
-200
-250
-300
20
-200 -150 -100 -50 0 50 100 150 200
永磁体旋转相位角 α(°)

图 10

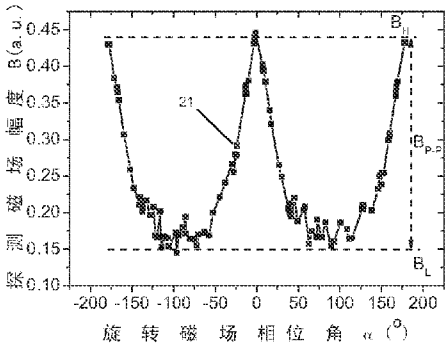

探测磁场幅度 B(a.u.)
0.45
0.40
0.35
0.30
0.25
0.20
0.15
0.10
21
B_H
B_{P-P}
B_L
-200 -150 -100 -50 0 50 100 150 200
旋转磁场相位角 α (°)

图 11

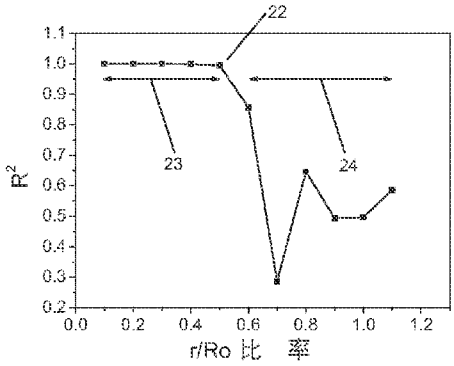


图 12

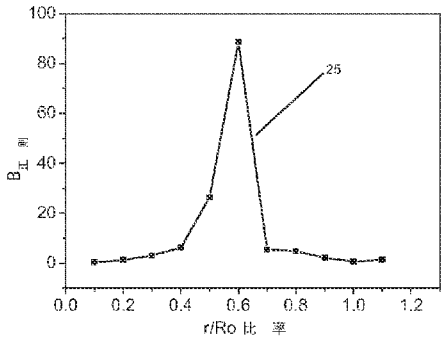


图 13

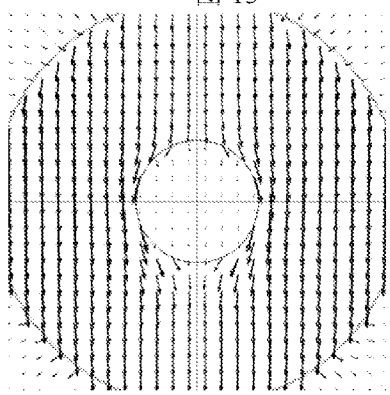


图 14

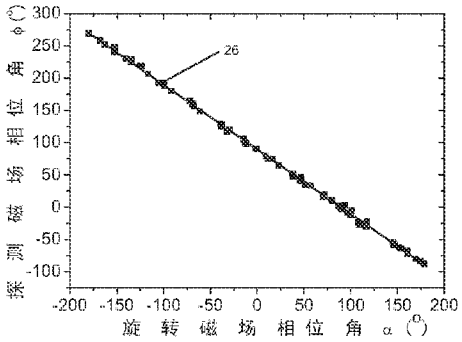

探测磁场相位角 φ(°)
旋转磁场相位角 α(°)
26

图 15

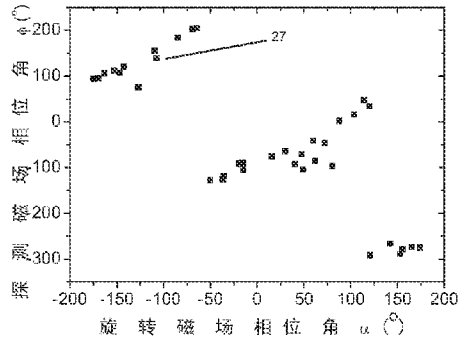

探测磁场相位角 φ(°)
旋转磁场相位角 α(°)
27

图 16

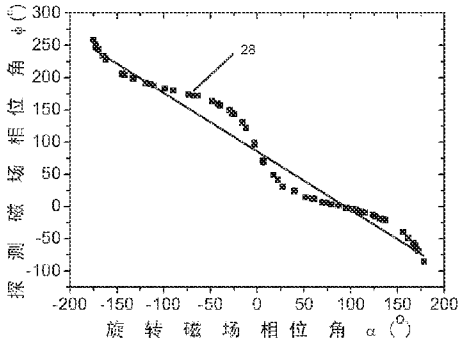

探测磁场相位角 φ(°)
旋转磁场相位角 α(°)
28

图 17

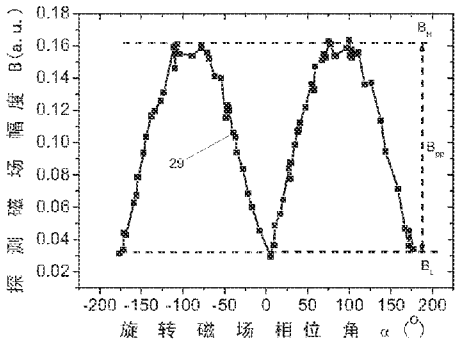


图 18

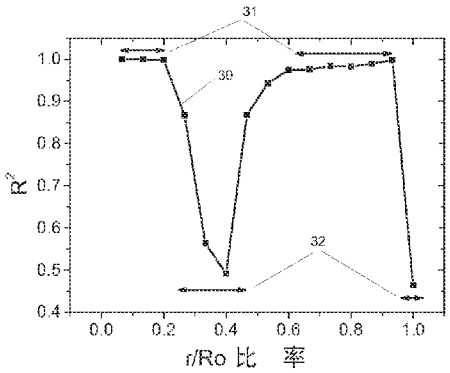


图 19

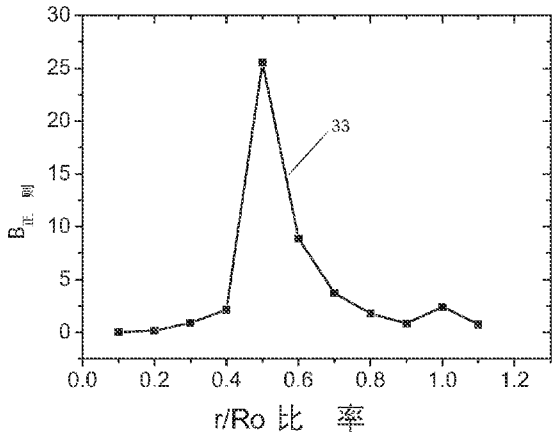

30
25
20
15
10
5
0
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
33
r/Ro 比 率

图 20

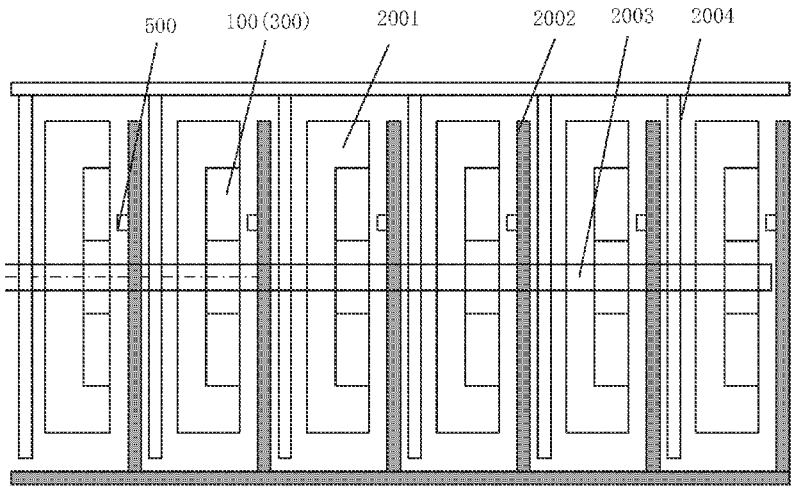

500
100(300)
2001
2002
2003
2004

图 21

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2014/070086

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01F 7/02 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01F; G01B; G01D; G01F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT; WPI; EPODOC: water meter, coding, opposite, identical, parallel, consistency, two, vertical, cylinder, annular-ring, orient+, magnetiz+, ring, axial??, magnet

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 203300354 U (MULTIDIMENSION TECHNOLOGY CO., LTD.), 20 November 2013 (20.11.2013), description, paragraphs [0013]-[0029], and figures 1-4	1-14
X	JP 2000308326 A (JAPAN SCIENCE & TECH CORP.), 02 November 2000 (02.11.2000), description, paragraph [0007], and figure 1	1, 2
Y	JP 2000308326 A (JAPAN SCIENCE & TECH CORP.), 02 November 2000 (02.11.2000), description, paragraph [0007], and figure 1	1-5, 10-14
Y	CN 1271416 A (YASKAWA ELECTRIC CORP. et al.),), 25 October 2000 (25.10.2000), description, page 3, paragraph 20 to page 5, paragraph 5, and figure 1	1-5, 10-14
A	JP H03283407 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO., LTD. et al.), 13 December 1991 (13.12.1991), the whole document	1-14

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
31 March 2014 (31.03.2014)	**06 May 2014 (06.05.2014)**
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer **CHEN, Jie** Telephone No.: (86-10) **62089299**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2014/070086

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 203300354 U	20.11.2013	None	
JP 2000308326 A	02.11.2000	None	
CN 1271416 A	25.10.2000	EP 1014039 A1	28.06.2000
		DE 69827818 D1	30.12.2004
		US 6762897 B1	13.07.2004
		EP 1014039 B1	24.11.2004
		CN 1243956 C	01.03.2006
		WO 9913296 A1	18.03.1999
		KR 20010023605 A	26.03.2001
		KR 100525845 B1	02.11.2005
JPH 03283407 A	13.12.1991	JPH 071730 B2	11.01.1995

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2014/070086

A. 主题的分类

H01F 7/02(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

H01F; G01B; G01D; G01F

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用））

CNPAT; WPI; EPODOC:磁,磁铁,磁体,水表,编码,磁化,方向,取向,相反,相同,平行,一致,二,两,垂直,圆柱,圆环,orient+,magnetiz+,ring,axial??,magnet

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 203300354U（（江苏多维科技有限公司））2013年 11月 20日 (2013-11-20) 说明书第[0013]-[0029]段及图1-4	1-14
X	JP 2000308326A（（JAPAN SCIENCE & TECH CORP））2000年 11月 02日 (2000-11-02) 说明书第[0007]段及图1	1, 2
Y	JP 2000308326A（（JAPAN SCIENCE & TECH CORP））2000年 11月 02日 (2000-11-02) 说明书第[0007]段及图1	1-5, 10-14
Y	CN 1271416A（（株式会社安川电机等））2000年 10月 25日 (2000-10-25) 说明书第3页第20段-第5页第5段及图1	1-5, 10-14
A	JP H03283407A（（MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD等））1991年 12月 13日 (1991-12-13) 全文	1-14

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2014年 3月 31日	2014年 5月 06日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 中国 传真号 (86-10)62019451	受权官员 陈洁 电话号码 (86-10)62089299

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2014/070086

检索报告引用的专利文件		公布日（年/月/日）	同族专利		公布日（年/月/日）
CN	203300354U	2013年 11月 20日	无		
JP	2000308326A	2000年 11月 02日	无		
CN	1271416A	2000年 10月 25日	EP	1014039A1	2000年 6月 28日
			DE	69827818D1	2004年 12月 30日
			US	6762897B1	2004年 7月 13日
			EP	1014039B1	2004年 11月 24日
			CN	1243956C	2006年 3月 01日
			WO	9913296A1	1999年 3月 18日
			KR	20010023605A	2001年 3月 26日
			KR	100525845B1	2005年 11月 02日
JP	H03283407A	1991年 12月 13日	JP	H071730B2	1995年 1月 11日