

(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
2023 年 6 月 29 日 (29.06.2023)



(10) 国际公布号
WO 2023/116278 A1

(51) 国际专利分类号:
G01R 19/00 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2022/132435

(22) 国际申请日: 2022 年 11 月 17 日 (17.11.2022)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202111572274.4 2021 年 12 月 21 日 (21.12.2021) CN

(71) 申请人: 江苏多维科技有限公司 (MULTIDIMENSION TECHNOLOGY CO., LTD.)
[CN/CN]; 中国江苏省张家港市保税区广东路 7 号, Jiangsu 215634 (CN)。

(72) 发明人: 刘明峰 (LIU, Mingfeng); 中国江苏省张家港市保税区广东路 7 号, Jiangsu 215634 (CN)。
施然 (SHI, Ran); 中国江苏省张家港市保税区广东路 7 号, Jiangsu 215634 (CN)。
薛松生 (XUE, Songsheng); 中国江苏省张家港市保税区广东路 7 号, Jiangsu 215634 (CN)。

(74) 代理人: 上海隆天律师事务所 (SHANGHAI LUNGTIN LAW FIRM); 中国上海市徐汇区漕溪北路 333 号中金国际广场 B 座 1505 室, Shanghai 200030 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ,

(54) Title: CURRENT SENSOR

(54) 发明名称: 一种电流传感器

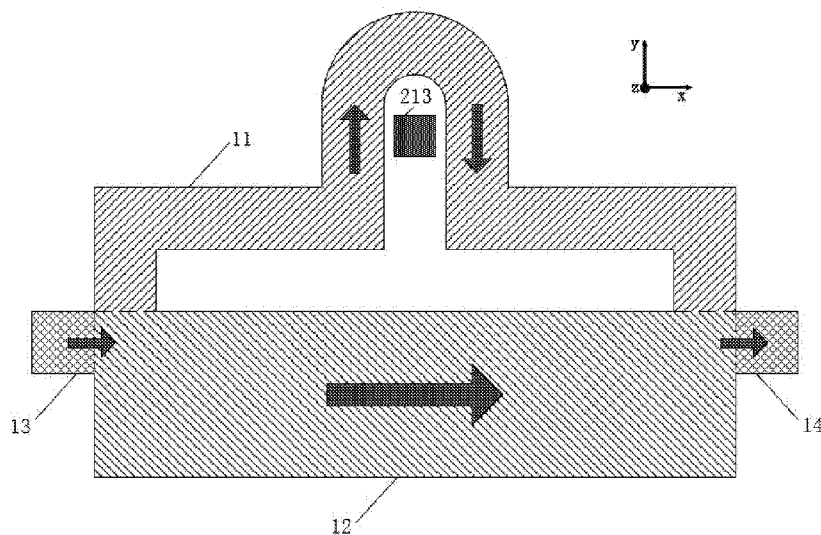


图 4

(57) Abstract: A current sensor. In the current sensor, a primary-side current input copper bar comprises a differential copper bar area (11) and a shunting copper bar area (12) which are connected in parallel, wherein the differential copper bar area (11) comprises a current conduction path of a U-shaped structure; and there are one or more shunting copper bar areas (12), and any shunting copper bar area (12) and the differential copper bar area (11) are located in the same horizontal plane or in different horizontal planes. The primary-side current input copper bar is integrally formed or is formed by connecting more than one independent copper bars. A magnetic induction module is fixed on a circuit board, the magnetic induction module is located above the current conduction path of a U-shaped structure in the differential copper bar area (11), and an output of the magnetic induction module forms an output signal of the current sensor. The structure of the current sensor is simple, the manufacturing costs for the current sensor are low, the current measurement range of

LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, ST, 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, ME, 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)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

the current sensor is large, an input and an output are electrically isolated, and the current sensor can measure alternating currents and direct currents and has an adjustable sensitivity and a strong resistance to external magnetic field interference.

(57) 摘要: 一种电流传感器, 该电流传感器中原边电流输入铜排包括并联连接的差分铜排区(11)和分流铜排区(12); 差分铜排区(11)包括一U型结构电流传导路径, 分流铜排区(12)的数量为一个或一个以上, 任一分流铜排区(12)与差分铜排区(11)位于同一水平面或不同水平面; 原边电流输入铜排一体成型, 或由一个以上独立铜排连接构成; 磁感应模块固定于线路板上, 且磁感应模块位于差分铜排区(11)中U型结构电流传导路径的上方, 磁感应模块的输出形成电流传感器的输出信号。该电流传感器, 结构简单, 制造成本低, 电流测量范围大、输入输出电气隔离、可测交流直流电流、灵敏度可调且抗外磁场干扰能力强。

一种电流传感器

技术领域

本发明实施例涉及电学量测量技术领域，尤其涉及一种电流传感器。

背景技术

电流传感器是电流检测装置，可以将检测到的被测电流信息按一定规律变换成符合一定标准需要的电信号或其他所需形式的信息输出，以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制等要求。广泛应用于家用电器、智能电网、电动车、风力发电等多个领域。目前应用最广泛的电流传感器是磁性电流传感器，主要包括磁通门电流传感器、霍尔电流传感器和磁阻电流传感器。

磁通门电流传感器线性度好、精度高且温漂性能好，但需要高导磁铁芯，导致体积较大、电路复杂、成本较高。

霍尔电流传感器技术成熟，但灵敏度低、温度漂移特性比较差、带宽小，其磁场灵敏度方向垂直于霍尔元件所在平面。霍尔电流传感器的电流输入方式主要有两种，一种是通过环状铁芯感应待测电流导线磁场，其体积较大；另一种是体积小的芯片级电流传感器，其待测电流直接输入 U 型铜传导路径内，测量范围小于前者。

磁阻电流传感器主要包括各向异性磁电阻 AMR、巨磁电阻 GMR 和隧道磁阻 TMR 电流传感器，其磁场灵敏度方向平行于磁阻器件所在平面，灵敏度高、线性度好；但高灵敏度的磁阻器件普遍饱和场较小，其内部的磁电阻敏感元件在大电流测量中容易出现磁饱和，导致电流测量范围较小，影响其使用范围。磁阻电流传感器的待测电流输入方式包含以下几种：（1）采用环状铁芯感应待测电流导线磁场，体积重量大。（2）以 Allegro 公司的 ACS70331 为例的，待测电流直接输入集成式 GMR 电流传感器的单层 U 型铜传导路径；（3）申请号为 202011547895.2 的专利中，待

测电流输入一种具有颈部凹陷的铜条；（4）申请号为 201811455342.7 的专利中，待测电流输入截面形状为矩形或圆角矩形的待测铜排型导线；这类输入方式中单电流输入路径容易超过磁电阻敏感元件的线性工作区间，导致磁电阻敏感元件容易饱和，限制了电流测量范围。

发明内容

本发明实施例提供一种电流传感器，以解决现有电流传感器体积大、电流测量范围小等问题。

本发明实施例提供了一种电流传感器，包括：原边电流输入铜排、磁感应模块和线路板；

所述原边电流输入铜排包括原边输入端、原边输出端、差分铜排区和分流铜排区；

所述差分铜排区和所述分流铜排区在电气上并联连接，所述差分铜排区包括一 U 型结构电流传导路径，所述分流铜排区的数量为一个或一个以上，任一所述分流铜排区与所述差分铜排区位于同一水平面或不同水平面；

所述原边输入端的数量为一个或一个以上，所述原边输出端的数量为一个或一个以上，任一所述原边输入端和所述原边输出端为与所述差分铜排区电气连接或为与所述分流铜排区电气连接；

所述原边电流输入铜排的构成采用以下两种情况的其中一种：（1）一体成型；（2）由一个以上独立铜排连接构成，所述独立铜排包含部分或全部所述原边输入端、所述原边输出端、所述差分铜排区和所述分流铜排区；

所述磁感应模块固定于所述线路板上，且所述磁感应模块位于所述差分铜排区中 U 型结构电流传导路径的上方，所述磁感应模块的输出形成所述电流传感器的输出信号。

本发明实施例提供的电流传感器，电流测量范围大、输入输出电气隔离、可测交流直流电流、灵敏度可调且抗外磁场干扰能力强。与现有技术相比，通过对 U 型结构电流传导路径进行并联分流来实现对电流测量范围的调控；因而可以通过控制分流铜排区的结构、数量、所在平面来调控电流输入范围，进而实现无需铁芯的大电流测量，减小了体积和重量；进一步通过采用一体化加工简化电流传感器的设计，结构简单，降低生产成本；适用于磁场灵敏度方向垂直于或平行于磁感应模块所在平面的磁感应单元，扩大了高灵敏度小饱和场磁阻器件的测量范围，具有输入输出电气隔离、可测交流直流电流、灵敏度可调、抗外磁场干扰能力强的特点。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图做一简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图虽然是本发明的一些具体的实施例，对于本领域的技术人员来说，可以根据本发明的各种实施例所揭示和提示的器件结构，驱动方法和制造方法的基本概念，拓展和延伸到其它的结构和附图，毋庸置疑这些都应该是本发明的权利要求范围之内。

图 1 为现有 U 型铜传导路径的示意图；

图 2 为图 1 所产生磁场的 x 分量沿 x 轴变化的仿真计算结果示意图；

图 3 为图 1 所产生磁场的 z 分量沿 x 轴变化的仿真计算结果示意图；

图 4 是本发明实施例提供的一种原边电流输入铜排的示意图；

图 5 是图 4 所产生磁场的 x 分量沿 x 轴变化的仿真计算结果示意图；

图 6 是图 4 所产生磁场的 z 分量沿 x 轴变化的仿真计算结果示意图；

图 7 是本发明实施例提供的另一种原边电流输入铜排的示意图；

图 8 是图 7 所产生磁场的 x 分量沿 x 轴变化的仿真计算结果示意图；

图 9 是本发明实施例提供的又一种原边电流输入铜排的示意图；

图 10 是图 9 所产生磁场的 x 分量沿 x 轴变化的仿真计算结果示意图；

图 11 是本发明实施例提供的又一种原边电流输入铜排的示意图；

图 12 是图 11 所产生磁场的 x 分量沿 x 轴变化的仿真计算结果示意图；

图 13 是磁感应模块的单电桥差分半桥结构的原理示意图；

图 14 是磁感应模块的单电桥差分全桥结构的原理示意图；

图 15 是磁感应模块的双推挽半桥差分结构的原理示意图；

图 16 是磁感应模块的双推挽全桥差分结构的原理示意图；

图 17 是本发明实施例提供的一种电流传感器的截面图；

图 18 是本发明实施例提供的另一种电流传感器的截面图；

图 19 是本发明实施例提供的又一种电流传感器的截面图；

图 20 是图 19 所示电流传感器的俯视示意图；

图 21 是本发明实施例提供的又一种电流传感器的截面图；

图 22 是本发明实施例提供的又一种电流传感器的截面图；

图 23 是图 22 所示电流传感器的俯视示意图。

具体实施方式

为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，以下将参照本发明实施例中的附图，通过实施方式清楚、完整地描述本发明的技术方案，显然，所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例所揭示和提示的基本概念，本领域的技术人员所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

本发明实施例提供一种电流传感器，该电流传感器包括：原边电流输入铜排、磁感应模块和线路板；原边电流输入铜排包括原边输入端、原边输出端、差分铜排

区和分流铜排区；差分铜排区和分流铜排区在电气上并联连接，差分铜排区包括一 U 型结构电流传导路径，分流铜排区的数量为一个或一个以上，任一分流铜排区与差分铜排区位于同一水平面或不同水平面；原边输入端的数量为一个或一个以上，原边输出端的数量为一个或一个以上，任一原边输入端和原边输出端为与差分铜排区电气连接或为与分流铜排区电气连接；原边电流输入铜排的构成采用以下两种情况的其中一种：（1）一体成型；（2）由一个以上独立铜排连接构成，独立铜排包含部分或全部原边输入端、原边输出端、差分铜排区和分流铜排区；磁感应模块固定于线路板上，且磁感应模块位于差分铜排区中 U 型结构电流传导路径的上方，磁感应模块的输出形成电流传感器的输出信号。

如上所述，电流传感器将待测电流通过原边电流输入铜排转化为磁感应模块的输入磁场，实现了无需铁芯的大电流测量，减小了体积和重量，结构简单、加工成本低，扩大了高灵敏度小饱和场磁阻器件的测量范围，具有输入输出电气隔离、可测交流直流电流、灵敏度可调、抗外磁场干扰能力强的特点。

可选磁感应模块采用以下三种情况的其中一种：

（1）磁感应模块内至少包括第一磁感应单元和第二磁感应单元，第一磁感应单元和第二磁感应单元分别位于 U 型结构电流传导路径内两条具有平行位置关系的电流传导路径的上方，第一磁感应单元和第二磁感应单元以差分方式感应原边电流输入铜排产生的磁场，并产生差分电压信号，电流传感器采用的磁感应单元的磁场灵敏度方向平行于磁感应模块所在平面；

（2）磁感应模块内至少包括第三磁感应单元，第三磁感应单元的竖直投影位置位于 U 型结构电流传导路径的 U 型包围区域内侧，第三磁感应单元直接感应原边电流输入铜排产生的磁场，并产生电压信号，电流传感器采用的磁感应单元的磁场灵敏度方向垂直于磁感应模块所在平面；

(3) 磁感应模块内至少包括第三磁感应单元和第四磁感应单元，第四磁感应单元的竖直投影位置位于 U 型结构电流传导路径的 U 型包围区域外侧，第三磁感应单元和第四磁感应单元以差分方式感应原边电流输入铜排产生的磁场，并产生差分电压信号，电流传感器采用的磁感应单元的磁场灵敏度方向垂直于磁感应模块所在平面。

可选第一磁感应单元和第二磁感应单元分别包含一个或一个以上磁电阻桥臂，每个磁电阻桥臂由一个或一个以上磁电阻敏感元件串并联构成；

第一磁感应单元和第二磁感应单元中，任一磁感应单元采用的电桥结构为差分半桥结构、差分全桥结构、双推挽半桥差分结构和双推挽全桥差分结构的其中一种：

(1) 差分半桥结构为单电桥，第一磁感应单元和第二磁感应单元共同构成同一个单电桥差分半桥结构，并形成差分半桥结构的输出信号；

(2) 差分全桥结构为单电桥，第一磁感应单元和第二磁感应单元共同构成同一个单电桥差分全桥结构，并形成差分全桥结构的输出信号；

(3) 双推挽半桥差分结构中，第一磁感应单元和第二磁感应单元均采用推挽半桥结构且各自形成电压输出信号，两个推挽半桥结构的电压输出信号差分形成双推挽半桥差分结构的输出信号；

(4) 双推挽全桥差分结构中，第一磁感应单元和第二磁感应单元均采用推挽全桥结构且各自形成电压输出信号，两个推挽全桥结构的电压输出信号差分形成双推挽全桥差分结构的输出信号。

可选原边电流输入铜排分别与磁感应模块和线路板电气隔离。

可选磁感应模块还包括信号调理电路，信号调理电路采用开环信号调理电路和闭环信号调理电路的其中一种。

以上是本发明的主要思路，以下将对比现有技术，结合附图和部分仿真结果对

本发明实施例提供的电流传感器进行简要说明。

以下对不同设计的原边电流输入铜排进行简要说明。本发明实施例中，原边电流输入铜排又可被称为原边电流导线或铜初级传导路径等，主要起到将待测电流引入电流传感器的作用。本发明实施例中 U 型结构代指的为电流传导路径存在电流反向平行位置关系的结构，因而包括但不限于类似形状如“几”型、“n”型等采用锐角、直角、钝角或圆角作为转折点的结构。

参考图 1 所示，为现有 U 型铜传导路径的示意图。如图 1 所示，现有 U 型铜传导路径为单层 U 型铜传导路径，也就是 U 型铜排。待测电流直接输入单层 U 型铜传导路径内，以 U 型铜排平面内水平向右为 x 轴正方向，U 型铜排平面内垂直向上为 y 轴正方向，垂直于 U 型铜排平面的方向为 z 轴方向。两个磁感应单元 211 和 212 位于同一平面，且还位于 U 型铜排的上方，即 U 型铜排沿 z 方向的垂直投影覆盖两个磁感应单元 211 和 212。

假定待测电流为 50A，待测电流输入 U 型铜排，通过有限元仿真计算分析，待测电流在 U 型铜排上方磁感应单元平面内产生磁场。

参考图 2 所示为磁场的 x 分量沿 x 轴变化的仿真计算结果示意图，参考图 3 所示为磁场的 z 分量沿 x 轴变化的仿真计算结果示意图。从图 2 和图 3 中可以看出，待测电流产生的磁场 x 分量沿 x 轴变化的范围在 -9mT 至 +9mT，待测电流产生的磁场 z 分量沿 x 轴变化的范围在 -15mT 至 +2.5mT。

参考图 4 所示，为本发明实施例提供的原边电流输入铜排的示意图。本实施例中，原边电流输入铜排包括差分铜排区 11，该差分铜排区 11 设置有图 1 所示 U 型结构电流传导路径，原边电流输入铜排还包括分流铜排区 12，差分铜排区 11 和分流铜排区 12 位于同一平面内，且在电气上并联连接。原边电流输入铜排还包括原边

输入端 13 和原边输出端 14。在其他实施例中，还可选分流铜排区的数量为一个以上，还可选分流铜排区与差分铜排区可以位于同一水平面也可以位于不同水平面。

如图 4 所示，可选磁感应模块内至少包括第三磁感应单元 213，第三磁感应单元 213 的竖直投影位置位于 U 型结构电流传导路径 11 的 U 型包围区域内侧，第三磁感应单元 213 直接感应原边电流输入铜排产生的磁场，并产生电压信号，电流传感器采用的磁感应单元的磁场灵敏度方向垂直于磁感应模块所在平面。第三磁感应单元 213 和 U 型结构电流传导路径 11 位于同一平面。

假定待测电流为与图 1 相同的 50A，待测电流输入原边电流输入铜排，通过有限元仿真计算分析，待测电流在原边电流输入铜排上方磁感应单元平面内产生磁场。参考图 5 所示为图 4 产生磁场的 x 分量沿 x 轴变化的仿真计算结果示意图，参考图 6 所示为图 4 产生磁场的 z 分量沿 x 轴变化的仿真计算结果示意图。从图 5 和图 6 可以看出，待测电流产生的磁场大小明显下降，待测电流产生的磁场 x 分量沿 x 轴变化的范围减小到处于-0.75mT 至+0.75mT，待测电流产生的磁场 z 分量沿 x 轴变化的范围减小到处于-0.95mT 至+0.45mT。

与图 1 相比，对于相同磁场测量范围的磁感应单元，图 4 所示结构能够实现电流测量范围的增大。且从图 6 磁场 z 分量的仿真结果可以看出，本实施例的原边电流输入铜排沿 x 轴方向不同位置产生的磁场 x 分量和 z 分量具有明显变化。因而，能够通过将灵敏度方向沿垂直 z 方向的磁感应单元放置于 x 坐标为零位置处，并采用非差分测量实现对电流的检测；在其他实施例中，也能够通过将灵敏度方向沿面内 x 轴的磁感应单元放置于不同位置，并采用差分测量实现对电流的检测。

参考图 7 所示，为本发明实施例提供的另一种原边电流输入铜排的示意图，参考图 8 所示，为图 7 产生磁场的 x 分量沿 x 轴变化的仿真计算结果示意图。本实施例中，差分铜排区 11 和 U 型分流铜排区 12 位于同一平面内，且在电气上并联连接。

如图 7 所示, 可选磁感应模块内至少包括第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212, 第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212 分别位于 U 型结构电流传导路径 11 内两条具有平行位置关系的电流传导路径的上方, 第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212 以差分方式感应原边电流输入铜排产生的磁场, 并产生差分电压信号, 电流传感器采用的磁感应单元的磁场灵敏度方向平行于磁感应模块所在平面。第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212 位于同一平面。

在与上述实施例相同的电流条件下, 与图 2 相比, 图 8 所示待测电流产生的磁场大小明显下降, 具体的, 待测电流产生的磁场 x 分量沿 x 轴变化的范围为 -4.5mT 至 $+4.5\text{mT}$ 。

参考图 9 所示, 为本发明实施例提供的又一种原边电流输入铜排的示意图, 参考图 10 所示, 为图 9 产生磁场的 x 分量沿 x 轴变化的仿真计算结果示意图。本实施例中, 差分铜排区 11 和 U 型分流铜排区 12 位于不同水平面内, 且在电气上并联连接。

如图 9 所示, 可选磁感应模块内至少包括第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212, 第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212 分别位于 U 型结构电流传导路径 11 内两条具有平行位置关系的电流传导路径的上方, 第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212 以差分方式感应原边电流输入铜排产生的磁场, 并产生差分电压信号, 电流传感器采用的磁感应单元的磁场灵敏度方向平行于磁感应模块所在平面。第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212 位于同一平面。

在与上述实施例相同的电流条件下, 与图 2 相比, 图 10 所示待测电流产生的磁场大小明显下降, 具体的, 待测电流产生的磁场 x 分量沿 x 轴变化的范围为 -3mT 至 $+3\text{mT}$ 。

参考图 11 所示, 为本发明实施例提供的又一种原边电流输入铜排的示意图, 参

考图 12 所示，为图 11 产生磁场的 x 分量沿 x 轴变化的仿真计算结果示意图。如图 11 所示，可选 U 型结构电流传导路径的 U 型开口两端电连接。差分铜排区 11 和 U 型分流铜排区 12 可以位于同一水平面，也可以位于不同水平面内，两者在电气上并联连接；再将差分铜排区 11 中 U 型结构电流传导路径的 U 型开口两端相连，则形成了新电流传导路径 111。

如图 11 所示，可选磁感应模块内至少包括第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212，第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212 分别位于 U 型结构电流传导路径 11 内两条具有平行位置关系的电流传导路径的上方，第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212 以差分方式感应原边电流输入铜排产生的磁场，并产生差分电压信号，电流传感器采用的磁感应单元的磁场灵敏度方向平行于磁感应模块所在平面。第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212 位于同一平面。

在与上述实施例相同的电流条件下，与图 2 相比，图 12 所示待测电流产生的磁场大小明显进一步下降，具体的，待测电流产生的磁场 x 分量沿 x 轴变化的范围为 -1.4mT 至 $+1.4\text{mT}$ 。

以上多个实施例给出了原边电流输入铜排中差分铜排区搭配不同设计的分流铜排区，构成多种不同电流路径。分析可以看出，差分铜排区搭配不同设计的分流铜排区可以对磁场 x 分量产生明显影响，因而通过控制分流铜排区的结构、数量、所在平面及厚度，可以实现对待测电流输入范围的调控。

另外，从以上多个实施例可以看出，本发明实施例中不同设计的原边电流输入铜排在磁感应单元所在截面中间区域产生的磁场 x 分量沿 x 轴近似线性变化，在不同位置具有明显的差值，并且在中心两侧的磁场方向相反，具有奇对称性质。因而能够通过不同位置放置灵敏度方向沿面内 x 轴的磁感应单元，采用差分测量对电流进行检测。

以下对不同电桥结构设计的磁感应模块进行简要说明。

可选磁感应模块内至少包括第一磁感应单元和第二磁感应单元，第一磁感应单元和第二磁感应单元分别位于 U 型结构电流传导路径内两条具有平行位置关系的电流传导路径的上方，第一磁感应单元和第二磁感应单元以差分方式感应原边电流输入铜排产生的磁场，并产生差分电压信号，电流传感器采用的磁感应单元的磁场灵敏度方向平行于磁感应模块所在平面。

由原边电流输入铜排的示例可知，待测电流输入原边电流输入铜排时，原边电流输入铜排能够在第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212 位置处产生差模磁场，该差模磁场的磁场 x 分量具有明显差值且沿 U 型差分铜排区中心两侧方向相反。在不失一般性的前提下，统一按照以下假定条件进行说明：设定水平向右为磁场正方向，则差模磁场在第一磁感应单元 211 位置处方向向右，在第二磁感应单元 212 位置处方向向左。

参考图 13 所示，为单电桥差分半桥结构的原理示意图。磁感应模块中，第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212 具有相同的灵敏度方向，且一致向右，该两个磁感应单元共同构成一个单电桥差分半桥结构。第一磁感应单元 211 包含一个磁电阻桥臂 211a，第二磁感应单元 212 包含一个磁电阻桥臂 212a，两个磁电阻桥臂形成差分半桥结构，输出 V_{out} 为单电桥差分半桥结构的输出信号。

待测电流输入原边电流输入铜排时，磁感应模块感应磁场，在感应到前述条件下的差模磁场时，磁电阻桥臂 211a 电阻值下降，磁电阻桥臂 212a 电阻值上升，根据毕萨定律， V_{out} 输出将随待测电流的大小线性变化。而由于差分半桥结构的第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212 的灵敏度方向相同，对于外界均匀磁场（即共模磁场），两个磁电阻桥臂 211a 和 212a 的电阻值同时增大或同时减小，此时 V_{out}

输出没有响应，因而具有良好的抗共模磁场干扰能力。

参考图 14 所示，为单电桥差分全桥结构的原理示意图。磁感应模块中，第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212 共同构成一个单电桥差分全桥结构。其中，第一磁感应单元 211 包含两个磁电阻桥臂 211b1 和 211b2，第二磁感应单元 212 包含两个磁电阻桥臂 212b1 和 212b2，四个磁电阻桥臂 211b1、211b2、212b1 和 212b2 的灵敏度方向一致向右，且共同形成差分全桥结构，差分全桥结构的输出端 V1 和 V2 形成单电桥差分全桥结构的 Vout 输出信号。

待测电流输入原边电流输入铜排时，磁感应模块感应磁场，在感应到前述条件下的差模磁场时，磁电阻桥臂 211b1 和 211b2 电阻值下降，磁电阻桥臂 212b1 和 212b2 电阻值上升，由此 V1 输出电压值减小，V2 输出电压值增大，相应的单电桥差分全桥结构的 Vout 输出信号随差模磁场发生变化。同理，由于四个磁电阻桥臂 211b1、211b2、212b1 和 212b2 的灵敏度方向一致，对于外界均匀磁场（即共模磁场），四个磁电阻桥臂 211b1、211b2、212b1 和 212b2 的电阻值同时增大或同时减小，此时 Vout 输出没有响应，因而具有良好的抗共模磁场干扰能力。

参考图 15 所示，为双推挽半桥差分结构的原理示意图。磁感应模块中，第一磁感应单元 211 构成一个推挽半桥结构，第二磁感应单元 212 构成一个推挽半桥结构，第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212 共同构成一个双推挽半桥差分结构。第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212 的灵敏度方向相同，且具有近似完全相同的结构和性质。具体的，第一磁感应单元 211 包含两个磁电阻桥臂 211c1 和 211c2，且构成推挽半桥结构，其输出为 V1c；第二磁感应单元 212 包含两个磁电阻桥臂 212c1 和 212c2，且构成推挽半桥结构，其输出为 V2c。两个推挽半桥结构的输出端 V1c 和 V2c 的差分信号形成双推挽半桥差分结构的 Vout 输出信号。

两个磁感应单元中的上磁电阻桥臂 211c1 和 212c1 的灵敏度方向向左，下磁电

阻桥臂 211c2 和 212c2 的灵敏度方向向右。待测电流输入原边电流输入铜排时，磁感应模块感应磁场，在感应到前述条件下的差模磁场时，两个磁电阻桥臂 211c2 和 212c1 电阻值下降，两个磁电阻桥臂 211c1 和 212c2 电阻值上升，由此 V1c 输出电压值减小，V2c 输出电压值增大，相应的双推挽半桥差分结构的 Vout 输出信号随差模磁场发生变化。同理，双推挽半桥差分结构具有良好的抗共模磁场干扰能力。

参考图 16 所示，为双推挽全桥差分结构的原理示意图。磁感应模块中，第一磁感应单元 211 构成一个推挽全桥结构，第二磁感应单元 212 构成一个推挽全桥结构，第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212 共同构成一个双推挽全桥差分结构。第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212 的灵敏度方向相同，且具有近似完全相同的结构和性质。具体的，第一磁感应单元 211 包含四个磁电阻桥臂 211d1、211d2、211d3 和 211d4，且构成推挽全桥结构，该推挽全桥结构的两个输出端 V1d1 和 V1d2 的差值构成第一磁感应单元 211 的输出 V1d。第二磁感应单元 212 包含四个磁电阻桥臂 212d1、212d2、212d3 和 212d4，且构成推挽全桥结构，该推挽全桥结构的两个输出端 V2d1 和 V2d2 的差值构成第二磁感应单元 212 的输出 V2d。两个推挽全桥结构的输出 V1d 和 V2d 的差分信号形成双推挽全桥差分结构的 Vout 输出信号。

四个磁电阻桥臂 211d2、211d3、212d2 和 212d3 的灵敏度方向向左，四个磁电阻桥臂 211d1、211d4、212d1 和 212d4 的灵敏度方向向右。待测电流输入原边电流输入铜排时，磁感应模块感应磁场，在感应到前述条件下的差模磁场时，四个磁电阻桥臂 211d1、211d4、212d2 和 212d3 的电阻值下降，四个磁电阻桥臂 211d2、211d3、212d1 和 212d4 的电阻值上升，由此 V1d2 和 V2d1 的输出电压值均减小，V1d1 和 V2d2 的输出电压值均增大，V1d1 与 V1d2 的差值 V1d 为正，V2d1 与 V2d2 的差值 V2d 为负，则由两个推挽全桥结构的输出 V1d 和 V2d 差分形成的 Vout 输出信号随差模磁场发生编号。同理，双推挽全桥差分结构具有良好的抗共模磁场干扰能力。

可以理解，磁感应模块的结构除以上四种典型电桥结构之外，在相同原理的基础上，磁感应模块的结构还可以根据具体情况对半桥结构和全桥结构的差分输出、各桥臂灵敏度方向设置、两个或以上磁感应单元设置等进行相应的变化，由此形成其他电桥结构的磁感应模块。可选上述每个磁电阻桥臂由一个或一个以上的磁电阻敏感元件通过串并联连接构成。

以下对磁感应模块中闭环负反馈信号调理电路进行简要说明。可选磁感应模块还包括信号调理电路，信号调理电路采用开环信号调理电路和闭环信号调理电路的其中一种。

参考图 17 所示，为本发明实施例提供的一种电流传感器的示意图，参考图 18 所示，为本发明实施例提供的另一种电流传感器的示意图，参考图 19 所示，为本发明实施例提供的又一种电流传感器的示意图。可选磁感应模块 2 包含第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212。闭环信号调理电路采用磁场反馈线圈 22。闭环信号调理电路、磁场反馈线圈 22、第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212 构成闭环磁场反馈，将前述磁感应模块中电桥结构的差分电压信号经放大后，通过驱动磁场反馈线圈 22 产生反馈磁场。该反馈磁场反向抵消前述原边电流输入铜排 1 在第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212 位置处产生的磁场差值（即差模磁场），达到磁场动态平衡时，第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212 工作在相同的共模磁场条件下，通过取样电阻对磁场反馈线圈 22 的反馈电流取样后形成磁感应模块 2 的输出。原边电流输入铜排 1 还包括分流铜排区 12、原边输入端 13 和原边输出端 14。

可选磁场反馈线圈 22 集成于闭环信号调理电路内部、或线路板 3 内部、或磁感应单元内部、或 ASIC 专用集成电路内部、或磁感应模块 2 内部，磁场反馈线圈 22 集成到不同位置时，工作原理相同，不影响闭环磁场负反馈的工作。

如图 17 所示, 可选磁场反馈线圈 22 集成于磁感应模块 2 内部, 磁场反馈线圈 22 所在平面平行于第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212 所在平面。磁场反馈线圈 22 在图 17 所示截面中沿原边电流输入铜排 1 中差分铜排区 11 的 U 型结构电流传导路径中线两侧对称分布, 且中线一侧的磁场反馈线圈 22 电流方向垂直纸面向外, 中线另一侧的磁场反馈线圈 22 电流方向垂直纸面向内。

以待测电流的磁场方向在第一磁感应单元 211 位置处向右, 且在第二磁感应单元 212 位置处向左为例, 为了反向抵消待测电流产生的差模磁场, 磁场反馈线圈 22 在第一磁感应单元 211 下方水平排列的导线电流方向为垂直纸面向外, 磁场反馈线圈 22 在第二磁感应单元 212 下方水平排列的导线电流方向为垂直纸面向内。由此磁场反馈线圈 22 在第一磁感应单元 211 处产生水平向左的反馈磁场, 磁场反馈线圈 22 在第二磁感应单元 212 处产生水平向右的反馈磁场, 来反向抵消待测电流产生的差模磁场, 达到磁场动态平衡。

如图 18 所示, 可选磁场反馈线圈 22 集成于线路板 3 内部。如图 19 所示, 可选磁场反馈线圈 22 集成于第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212 内部。在其他实施例中, 还可选磁场反馈线圈集成于其他位置, 不限于以上图示位置。尽管磁场反馈线圈分布或连接略有不同, 但都是利用磁场反馈线圈产生的反馈磁场抵消待测电流产生的差模磁场, 并最终实现对待测电流的检测。

基于以上结构, 对本发明实施例提供的电流传感器的整体结构进行简要概述。

本发明实施例提供如图 7 所示的第一种电流传感器, 其截面图如图 17 所示, 电流传感器包括原边电流输入铜排 1、磁感应模块 2、线路板 3 和机械支架外壳 4; 原边电流输入铜排 1 包括含有 U 型结构电流传导路径的差分铜排区 11、一个分流铜排区 12、一个原边输入端 13 和一个原边输出端 14。可选原边电流输入铜排 1 为一体

成型铜排，即差分铜排区 11、分流铜排区 12、原边输入端 13 和原边输出端 14 位于同一水平面。差分铜排区 11 和分流铜排区 12 并联连接，两端连接处分别为原边输入端 13 和原边输出端 14。待测电流由原边输入端 13 流入后，经过差分铜排区 11 和分流铜排区 12 分流，由原边输出端 14 流出。机械支架外壳 4 对电流传感器内各部分起到包裹和固定支撑的作用。磁感应模块 2 固定于线路板 3 上，二者均与原边电流输入铜排 1 电气隔离。

磁感应模块 2 内包含位于同一水平面且灵敏度方向均水平向右的第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212。第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212 分别位于差分铜排区 11 的 U 型结构电流传导路径内两条具有平行位置关系的电流传导路径上方，其中，可选第一磁感应单元 211 下方电流传导路径的电流方向垂直纸面向内，第二磁感应单元 212 下方电流传导路径的电流方向垂直纸面向外。

第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212 采用的磁电阻敏感元件均为隧道磁电阻 TMR。如图 13 所示，两个磁感应单元各包含一个磁电阻桥臂，第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212 共同构成同一个单电桥差分半桥结构，以差分方式感应原边电流输入铜排 1 产生的差模磁场，并产生差分电压信号。磁感应模块 2 采用闭环信号调理电路，闭环信号调理电路、集成于磁感应模块 2 内部的磁场反馈线圈 22、第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212 共同构成闭环磁场反馈，磁感应模块 2 的输出形成电流传感器的输出信号。

本发明实施例提供如图 9 所示的第二种电流传感器，其截面图如图 18 所示，电流传感器包括原边电流输入铜排 1、磁感应模块 2、线路板 3 和机械支架外壳 4；原边电流输入铜排 1 包括含有 U 型结构电流传导路径的差分铜排区 11、一个分流铜排区 12、一个原边输入端 13 和一个原边输出端 14。

可选分流铜排区 12 位于差分铜排区 11 所在平面的下方或上方，差分铜排区 11

和分流铜排区 12 为两个独立铜排再并联连接，两端连接处分别为原边输入端 13 和原边输出端 14。除了两端连接处之外，位于不同平面的差分铜排区 11 和分流铜排区 12 中间相互隔离。待测电流由原边输入端 13 流入后，经过差分铜排区 11 和分流铜排区 12 分流，由原边输出端 14 流出。机械支架外壳 4 对电流传感器内各部分起到包裹和固定支撑的作用。磁感应模块 2 固定于线路板 3 上，二者均与原边电流输入铜排 1 电气隔离。

磁感应模块 2 内包含位于同一水平面且灵敏度方向均水平向右的第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212。第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212 分别位于差分铜排区 11 的 U 型结构电流传导路径内两条具有平行位置关系的电流传导路径上方，其中，可选第一磁感应单元 211 下方电流传导路径的电流方向垂直纸面向内，第二磁感应单元 212 下方电流传导路径的电流方向垂直纸面向外。

第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212 采用的磁电阻敏感元件均为巨磁电阻 GMR。如图 14 所示，两个磁感应单元各包含两个磁电阻桥臂，第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212 共同构成同一个单电桥差分全桥结构，以差分方式感应原边电流输入铜排 1 产生的差模磁场，并产生差分电压信号。磁感应模块 2 采用闭环信号调理电路，闭环信号调理电路、集成于线路板 3 内部的磁场反馈线圈 22、第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212 共同构成闭环磁场反馈，磁感应模块 2 的输出形成电流传感器的输出信号。

本发明实施例提供如图 11 所示的第三种电流传感器，其截面图如图 17 所示，电流传感器包括原边电流输入铜排 1、磁感应模块 2、线路板 3 和机械支架外壳 4。原边电流输入铜排 1 包括含有 U 型结构电流传导路径的差分铜排区 11、一个分流铜排区 12、一个原边输入端 13 和一个原边输出端 14。可选原边电流输入铜排 1 为一体成型铜排，即差分铜排区 11、分流铜排区 12、原边输入端 13 和原边输出端 14 位

于同一水平面。图 11 与图 7 的主要区别在于，图 11 所示电流传感器中差分铜排区 11 将 U 型结构电流传导路径的 U 型开口两端通过另一条第三电流传导路径 111 相连，将待测电流通过差分铜排区 11 的部分电流进行再一次分流，进一步减小了待测电流在磁感应模块 2 处产生的磁场。

如图 15 所示，第一磁感应单元 211 采用一个推挽半桥结构并形成电压输出信号，第二磁感应单元 212 采用一个推挽半桥结构并形成电压输出信号，两个推挽半桥结构组成双推挽半桥差分结构，且两个推挽半桥结构的电压输出形成差分电压信号。磁感应模块 2 采用和第一种电流传感器一致的闭环信号调理电路，并构成闭环磁场反馈，磁感应模块 2 的输出形成电流传感器的输出信号。

本发明实施例提供如图 19 所示的第四种电流传感器，其俯视图如图 20 所示，电流传感器包括如图 20 所示的原边电流输入铜排 1、磁感应模块 2、线路板 3 和机械支架外壳 4；原边电流输入铜排 1 包括含有 U 型结构电流传导路径的差分铜排区 11、两个分流铜排区 121 和 122、一个原边输入端 13 和一个原边输出端 14。可选原边电流输入铜排 1 为一体成型铜排，差分铜排区 11、两个分流铜排区 121 和 122、原边输入端 13 以及原边输出端 14 位于同一水平面。差分铜排区 11 和分流铜排区 121&122 并联连接，两端连接处分别为原边输入端 13 和原边输出端 14。待测电流由原边输入端 13 流入后，经过差分铜排区 11、分流铜排区 121 和 122 分流，由原边输出端 14 流出。机械支架外壳 4 对电流传感器内各部分起到包裹和固定支撑的作用。

磁感应模块 2 固定于线路板 3 上，二者均与原边电流输入铜排 1 电气隔离。磁感应模块 2 内包含位于同一水平面且灵敏度方向水平向右的第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212。如图 19 所示，第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212 分别位于差分铜排区 11 的 U 型结构内两条具有平行位置关系的电流传导路径上方，

其中第一磁感应单元 211 下方电流传导路径的电流方向垂直纸面向内，第二磁感应单元 212 下方电流传导路径的电流方向垂直纸面向外。

第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212 采用的磁电阻敏感元件均为隧道磁电阻 TMR，每个磁感应单元包含由四个磁电阻桥臂构成的一个推挽全桥结构，如图 16 所示第一磁感应单元 211 采用一个推挽全桥结构并形成电压输出信号，第二磁感应单元 212 采用一个推挽全桥结构并形成电压输出信号，两个推挽全桥结构组成双推挽全桥差分结构，两个推挽全桥结构的电压输出形成差分电压信号。磁感应模块 2 采用闭环信号调理电路，闭环信号调理电路、集成于磁感应单元内部的磁场反馈线圈 22、第一磁感应单元 211 和第二磁感应单元 212 构成闭环磁场反馈，磁感应模块 2 的输出形成电流传感器的输出信号。

本发明实施例提供如图 4 所示的第五种电流传感器，其磁感应单元所在位置的截面图如图 21 所示，电流传感器包括原边电流输入铜排 1、磁感应模块 2、线路板 3 和机械支架外壳 4；原边电流输入铜排 1 包括含有 U 型结构电流传导路径的差分铜排区 11、一个分流铜排区 12、一个原边输入端 13 和一个原边输出端 14。

可选原边电流输入铜排 1 为一体成型铜排，差分铜排区 11、分流铜排区 12、原边输入端 13 和原边输出端 14 位于同一水平面。差分铜排区 11 和分流铜排区 12 并联连接，两端连接处分别为原边输入端 13 和原边输出端 14。待测电流由原边输入端 13 流入后，经过差分铜排区 11 和分流铜排区 12 分流，由原边输出端 14 流出。机械支架外壳 4 对电流传感器内各部分起到包裹和固定支撑的作用。

磁感应模块 2 固定于线路板 3 上，二者均与原边电流输入铜排 1 电气隔离。磁感应模块 2 内包含灵敏度方向竖直向上的第三磁感应单元 213，第三磁感应单元 213 采用霍尔元件。如图 21 所示，第三磁感应单元 213 的竖直投影位置位于 U 型结构电流传导路径的 U 型包围区域内部，其下方的左侧电流传导路径的电流方向垂直纸

面向内，其下方的右侧电流传导路径的电流方向垂直纸面向外，待测电流在第三磁感应单元 213 位置处产生竖直向下的磁场。磁感应模块 2 采用开环信号调理电路，磁感应模块 2 的输出形成电流传感器的输出信号。

本发明实施例提供如图 23 所示的第六种电流传感器，其磁感应单元所在位置的截面图如图 22 所示，电流传感器包括原边电流输入铜排 1、磁感应模块 2、线路板 3 和机械支架外壳 4；原边电流输入铜排 1 包括含有 U 型结构电流传导路径的差分铜排区 11、一个分流铜排区 12、一个原边输入端 13 和一个原边输出端 14。

分流铜排区 12 位于差分铜排区 11 所在平面下方，差分铜排区 11 和分流铜排区 12 为两个独立铜排，再并联连接，两端连接处分别为原边输入端 13 和原边输出端 14。除了两端连接处，位于不同平面的差分铜排区 11 和分流铜排区 12 中间相互隔离。待测电流由原边输入端 13 流入后，经过差分铜排区 11 和分流铜排区 12 分流，由原边输出端 14 流出。机械支架外壳 4 对电流传感器内各部分起到包裹和固定支撑的作用。

磁感应模块 2 固定于线路板 3 上，二者均与原边电流输入铜排 1 电气隔离。磁感应模块 2 内包含位于同一水平面且灵敏度方向竖直向上的第三磁感应单元 213 和第四磁感应单元 214，第三磁感应单元 213 和第四磁感应单元 214 均采用霍尔元件。如图 22 所示，第三磁感应单元 213 的竖直投影位置位于 U 型结构电流传导路径的 U 型包围区域内部，其下方的左侧电流传导路径的电流方向垂直纸面向内，其下方的右侧电流传导路径的电流方向垂直纸面向外，待测电流在第三磁感应单元 213 位置处产生竖直向下的磁场。第四磁感应单元 214 的竖直投影位置位于 U 型结构电流传导路径的 U 型包围区域外侧。

磁感应模块 2 采用开环信号调理电路，对第三磁感应单元 213 和第四磁感应单元 214 的差分电压信号进行调理放大、温度补偿和线性度修正。磁感应模块 2 的输

出形成电流传感器的输出信号。

综上所述，本发明实施例提供的电流传感器，电流测量范围大、输入输出电气隔离、可测交流直流电流、灵敏度可调且抗外磁场干扰能力强。与现有技术相比，本发明实施例提供的电流传感器的优点在于：通过对 U 型结构电流传导路径进行并联分流来实现对电流测量范围的调控；因而可以通过控制分流铜排区的结构、数量、所在平面来调控电流输入范围，进而实现无需铁芯的大电流测量，减小了体积和重量；进一步通过采用一体化加工简化电流传感器的设计，结构简单，降低生产成本。本发明实施例提供的电流传感器适用于磁场灵敏度方向垂直于或平行于磁感应模块所在平面的磁感应单元，其优势尤其体现在以 GMR、TMR 为例的高灵敏度小饱和场的磁阻器件测量，扩大了高灵敏度小饱和场磁阻器件的测量范围，具有输入输出电气隔离、可测交流直流电流、灵敏度可调、抗外磁场干扰能力强的特点。

注意，上述仅为本发明的较佳实施例及所运用技术原理。本领域技术人员会理解，本发明不限于这里所述的特定实施例，对本领域技术人员来说能够进行各种明显的变化、重新调整、相互结合和替代而不会脱离本发明的保护范围。因此，虽然通过以上实施例对本发明进行了较为详细的说明，但是本发明不仅仅限于以上实施例，在不脱离本发明构思的情况下，还可以包括更多其他等效实施例，而本发明的范围由所附的权利要求范围决定。

权 利 要 求 书

1、一种电流传感器，其特征在于，包括：原边电流输入铜排、磁感应模块和线路板；

所述原边电流输入铜排包括原边输入端、原边输出端、差分铜排区和分流铜排区；

所述差分铜排区和所述分流铜排区在电气上并联连接，所述差分铜排区包括一U型结构电流传导路径，所述分流铜排区的数量为一个或一个以上，任一所述分流铜排区与所述差分铜排区位于同一水平面或不同水平面；

所述原边输入端的数量为一个或一个以上，所述原边输出端的数量为一个或一个以上，任一所述原边输入端和所述原边输出端为与所述差分铜排区电气连接或为与所述分流铜排区电气连接；

所述原边电流输入铜排的构成采用以下两种情况的其中一种：（1）一体成型；（2）由一个以上独立铜排连接构成，所述独立铜排包含部分或全部所述原边输入端、所述原边输出端、所述差分铜排区和所述分流铜排区；

所述磁感应模块固定于所述线路板上，且所述磁感应模块位于所述差分铜排区中U型结构电流传导路径的上方，所述磁感应模块的输出形成所述电流传感器的输出信号。

2、根据权利要求1所述的电流传感器，其特征在于，所述磁感应模块采用以下三种情况的其中一种：

（1）所述磁感应模块内至少包括第一磁感应单元和第二磁感应单元，所述第一磁感应单元和所述第二磁感应单元分别位于所述U型结构电流传导路径内两条具有平行位置关系的电流传导路径的上方，所述第一磁感应单元和所述第二磁感应单元以差分方式感应所述原边电流输入铜排产生的磁场，并产生差分电压信号，所述电

流传感器采用的磁感应单元的磁场灵敏度方向平行于所述磁感应模块所在平面；

(2) 所述磁感应模块内至少包括第三磁感应单元，所述第三磁感应单元的竖直投影位置位于所述 U 型结构电流传导路径的 U 型包围区域内侧，所述第三磁感应单元直接感应所述原边电流输入铜排产生的磁场，并产生电压信号，所述电流传感器采用的磁感应单元的磁场灵敏度方向垂直于所述磁感应模块所在平面；

(3) 所述磁感应模块内至少包括所述第三磁感应单元和第四磁感应单元，所述第四磁感应单元的竖直投影位置位于所述 U 型结构电流传导路径的 U 型包围区域外侧，所述第三磁感应单元和所述第四磁感应单元以差分方式感应所述原边电流输入铜排产生的磁场，并产生差分电压信号，所述电流传感器采用的磁感应单元的磁场灵敏度方向垂直于所述磁感应模块所在平面。

3、根据权利要求 2 所述的电流传感器，其特征在于，所述第一磁感应单元和所述第二磁感应单元分别包含一个或一个以上磁电阻桥臂，每个所述磁电阻桥臂由一个或一个以上磁电阻敏感元件串并联构成；

所述第一磁感应单元和所述第二磁感应单元中，任一磁感应单元采用的电桥结构为差分半桥结构、差分全桥结构、双推挽半桥差分结构和双推挽全桥差分结构的其中一种：

(1) 所述差分半桥结构为单电桥，所述第一磁感应单元和所述第二磁感应单元共同构成同一个单电桥差分半桥结构，并形成所述差分半桥结构的输出信号；

(2) 所述差分全桥结构为单电桥，所述第一磁感应单元和所述第二磁感应单元共同构成同一个单电桥差分全桥结构，并形成所述差分全桥结构的输出信号；

(3) 所述双推挽半桥差分结构中，所述第一磁感应单元和所述第二磁感应单元均采用推挽半桥结构且各自形成电压输出信号，两个所述推挽半桥结构的电压输出信号差分形成所述双推挽半桥差分结构的输出信号；

(4) 所述双推挽全桥差分结构中, 所述第一磁感应单元和所述第二磁感应单元均采用推挽全桥结构且各自形成电压输出信号, 两个所述推挽全桥结构的电压输出信号差分形成所述双推挽全桥差分结构的输出信号。

4、根据权利要求 1 所述的电流传感器, 其特征在于, 所述 U 型结构电流传导路径的 U 型开口两端电连接。

5、根据权利要求 1 所述的电流传感器, 其特征在于, 所述原边电流输入铜排分别与所述磁感应模块和所述线路板电气隔离。

6、根据权利要求 1 所述的电流传感器, 其特征在于, 所述磁感应模块还包括信号调理电路, 所述信号调理电路采用开环信号调理电路和闭环信号调理电路的其中一种。

7、根据权利要求 1 所述的电流传感器, 其特征在于, 还包括: 机械支架外壳, 所述机械支架外壳对所述电流传感器内各部分起到包裹和固定支撑的作用。

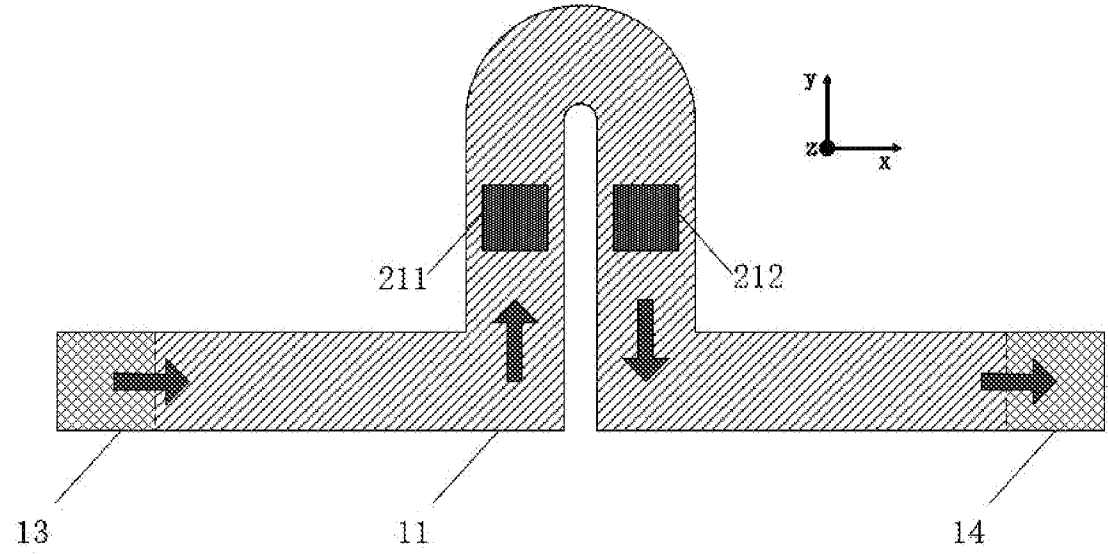


图 1

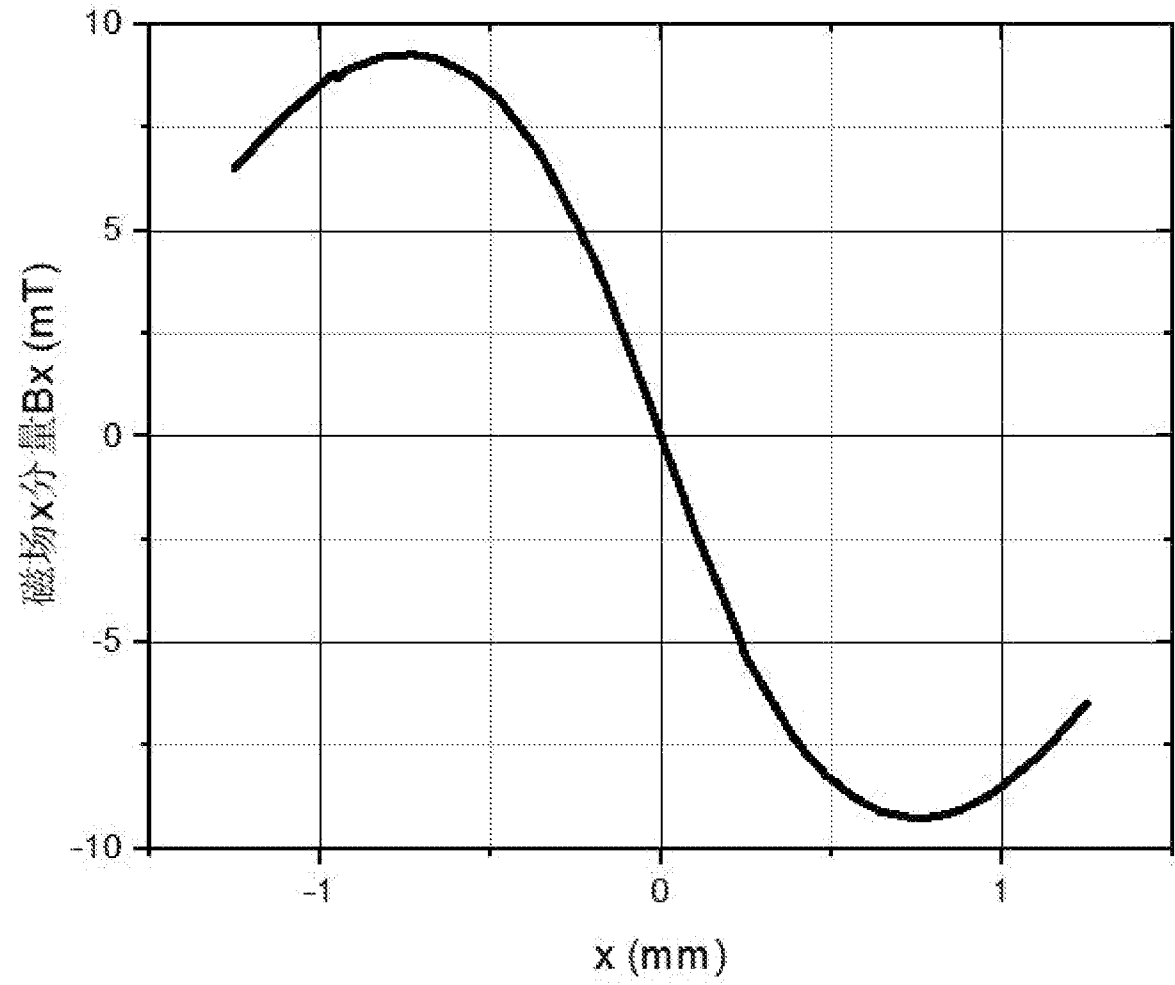


图 2

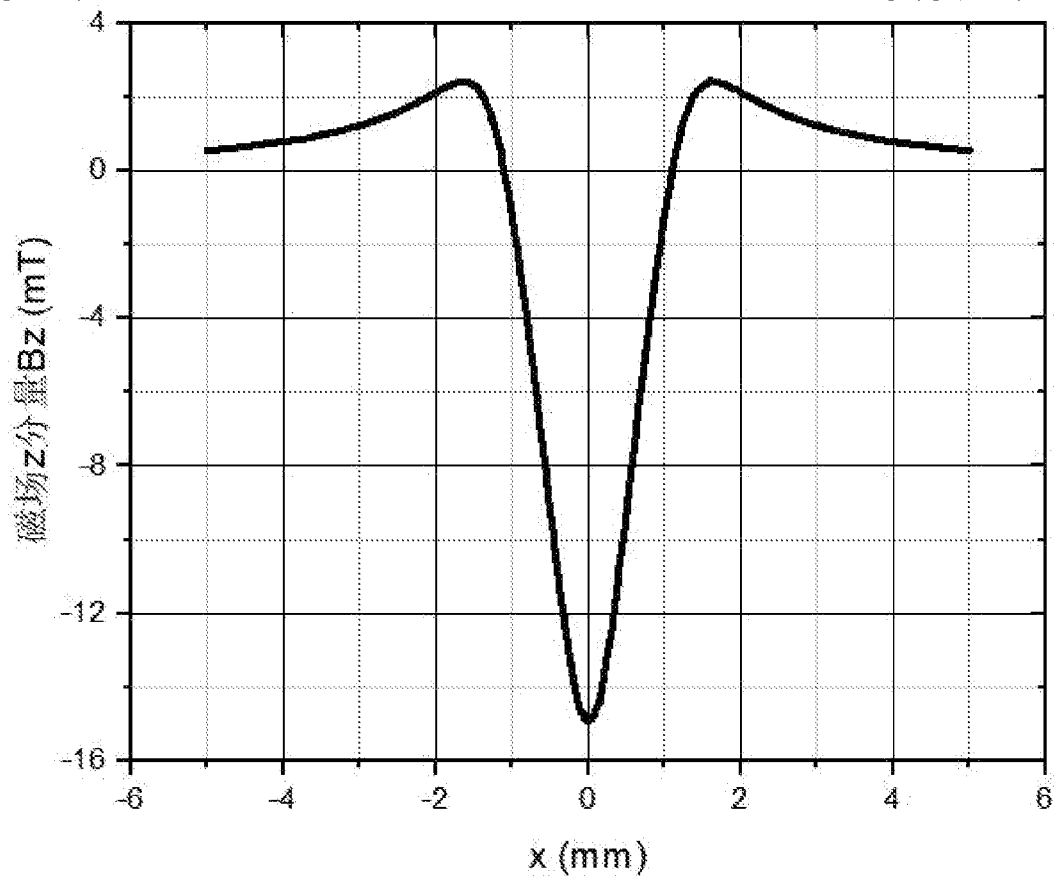


图 3

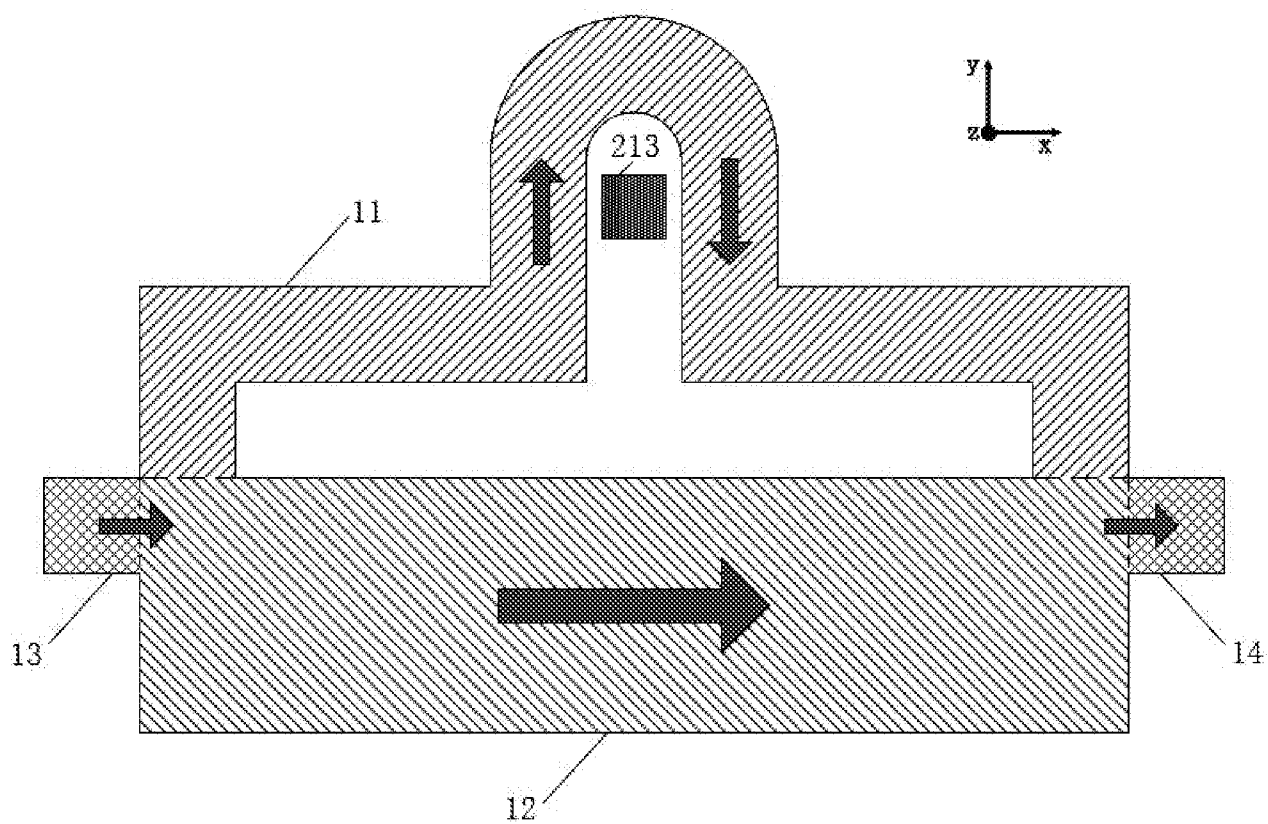


图 4

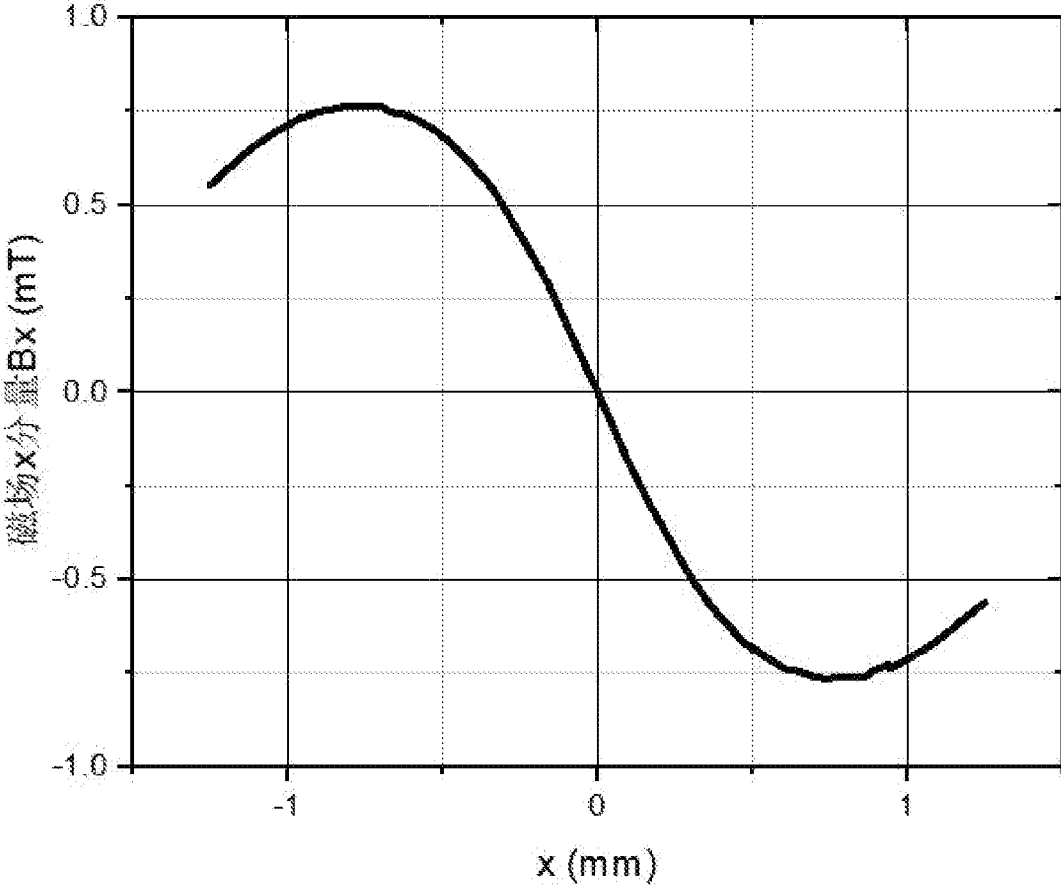


图 5

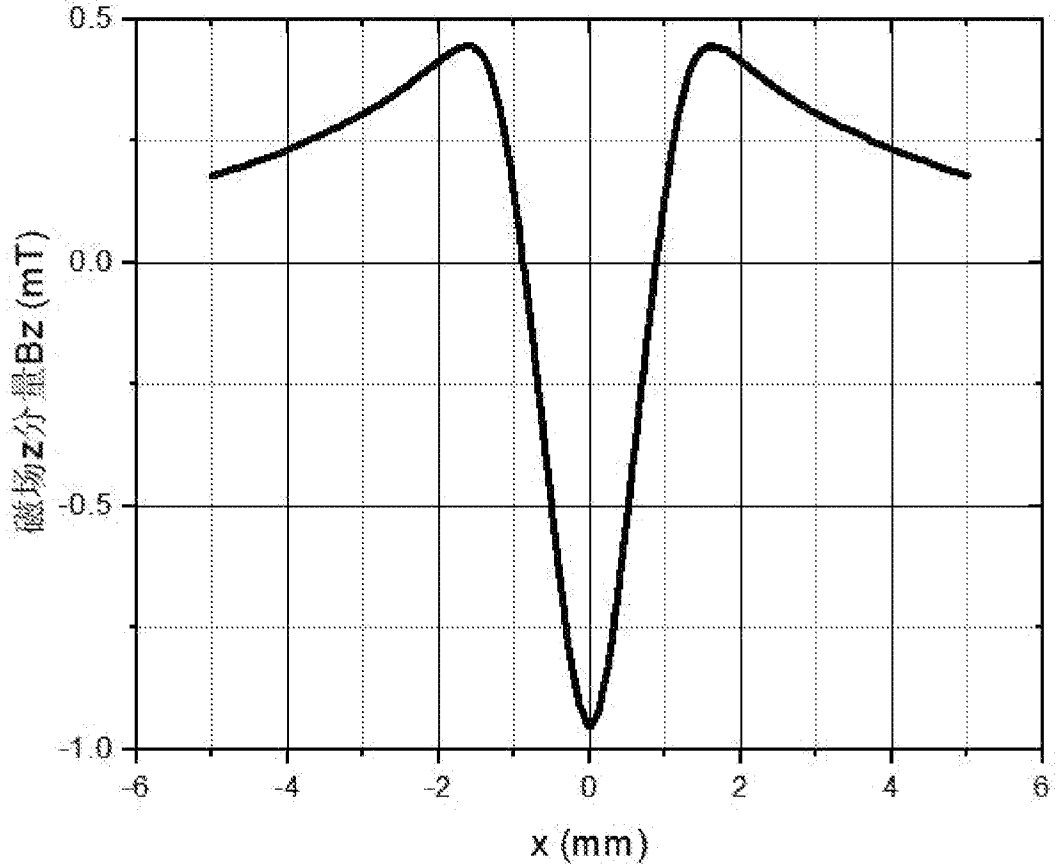


图 6

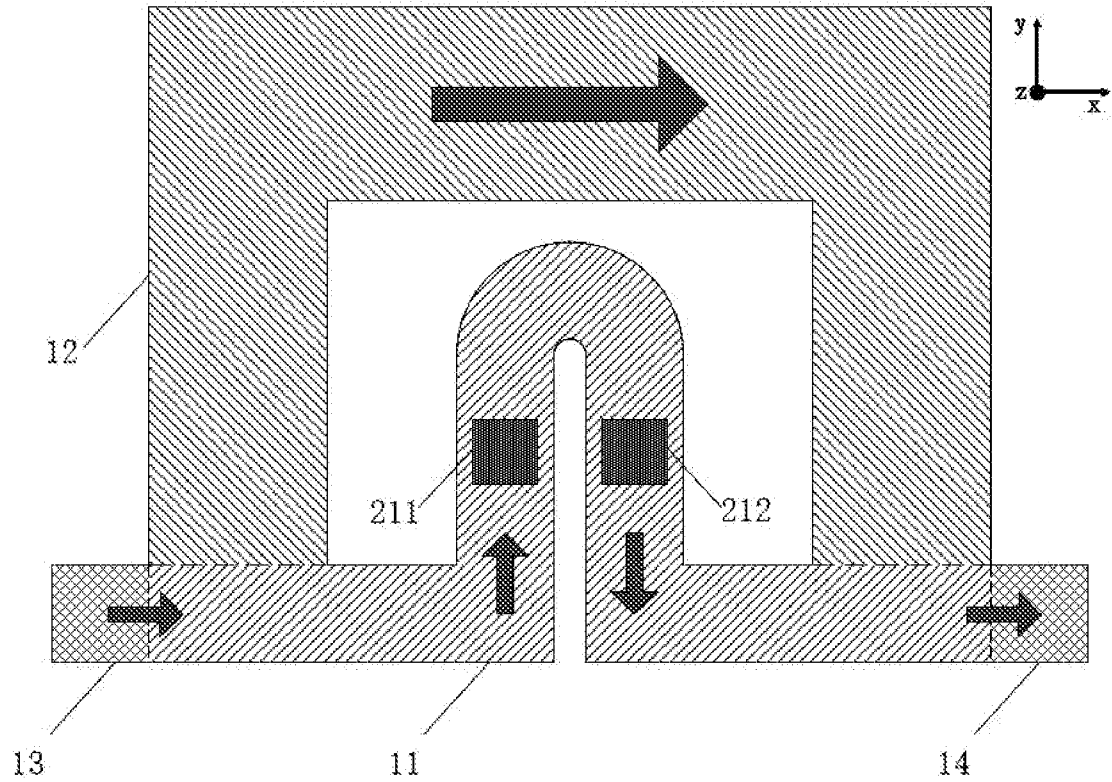


图 7

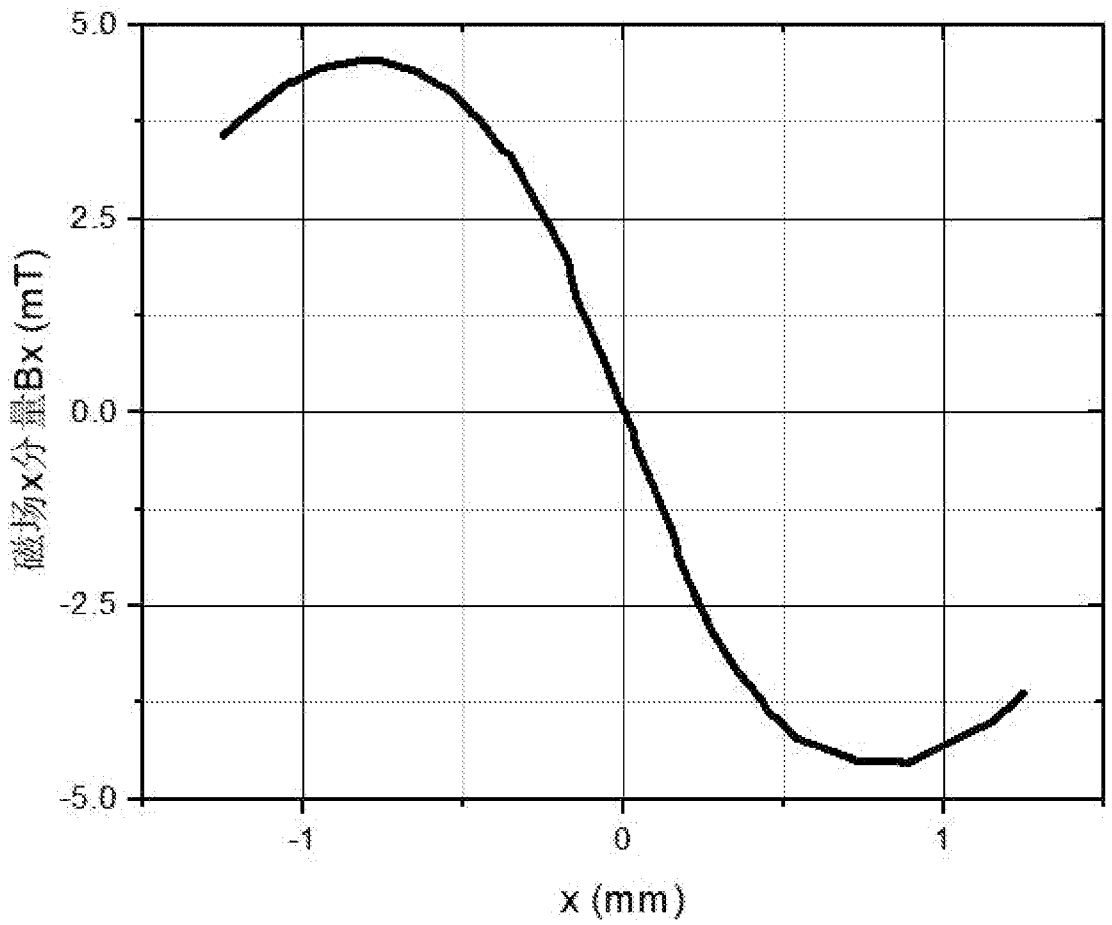


图 8

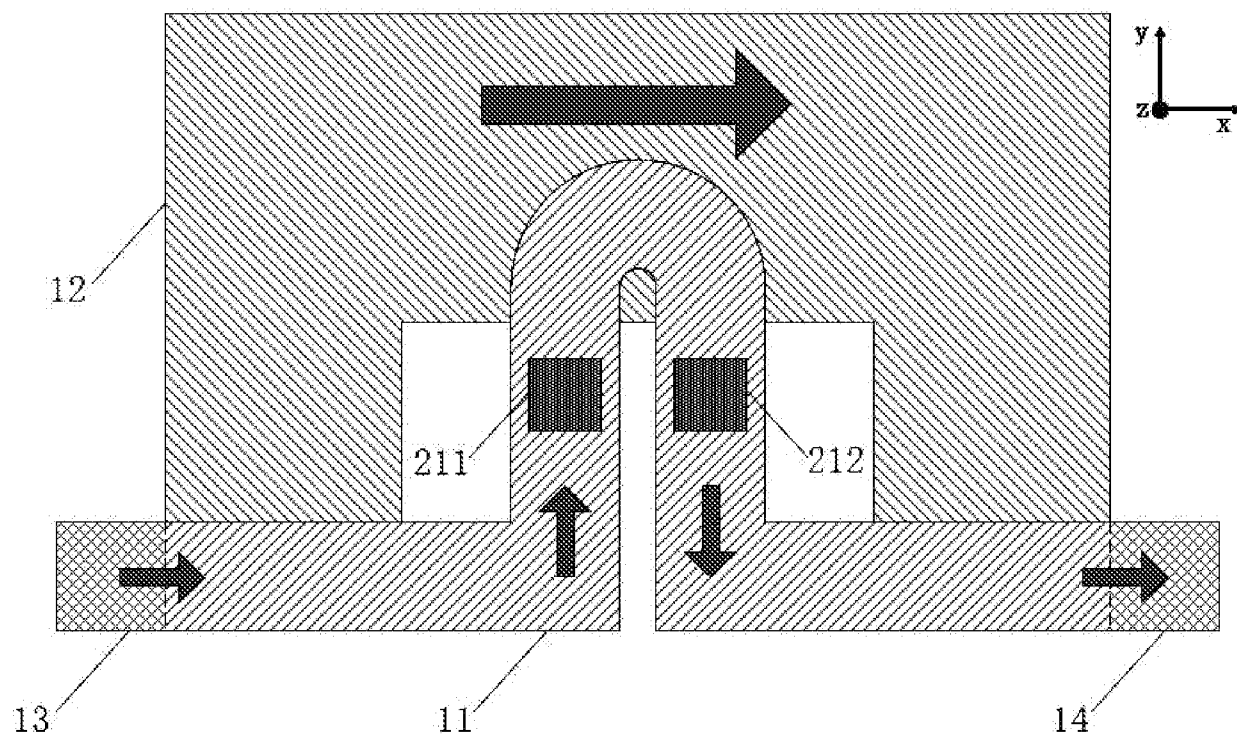


图 9

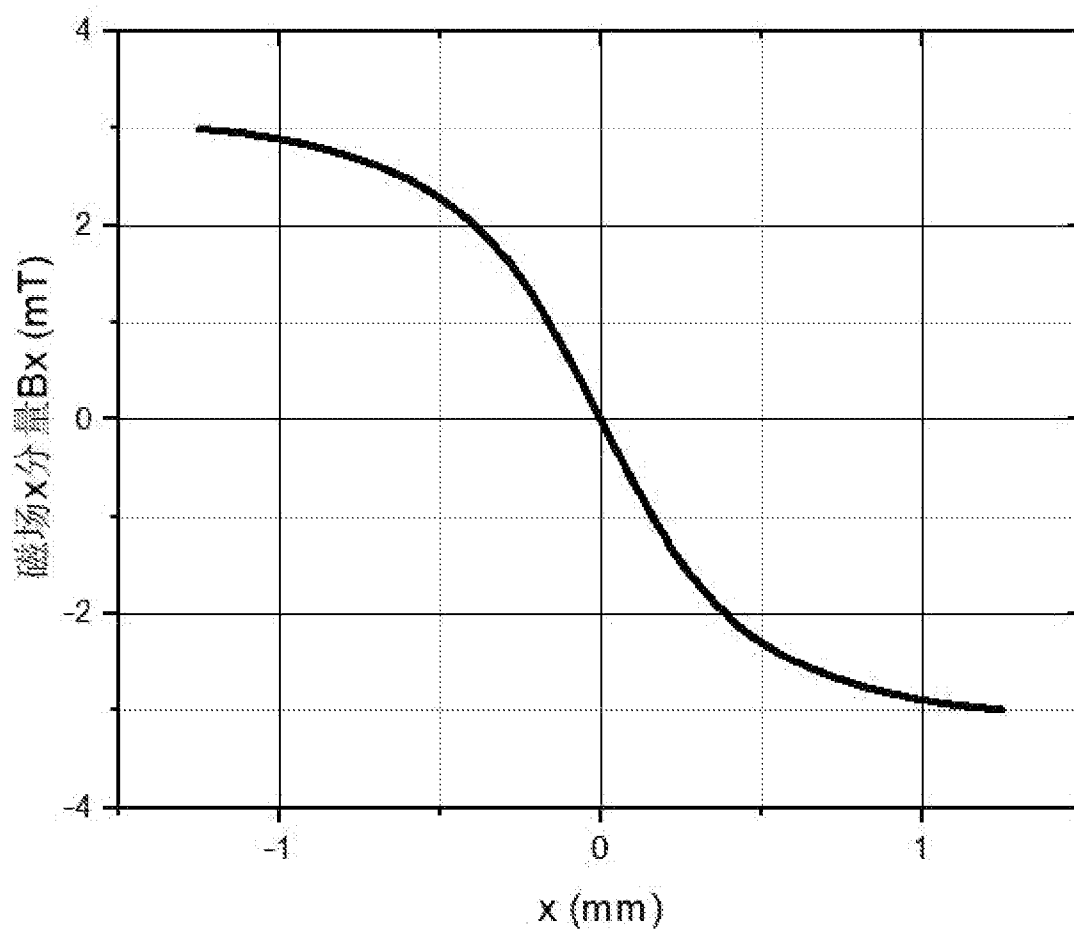


图 10

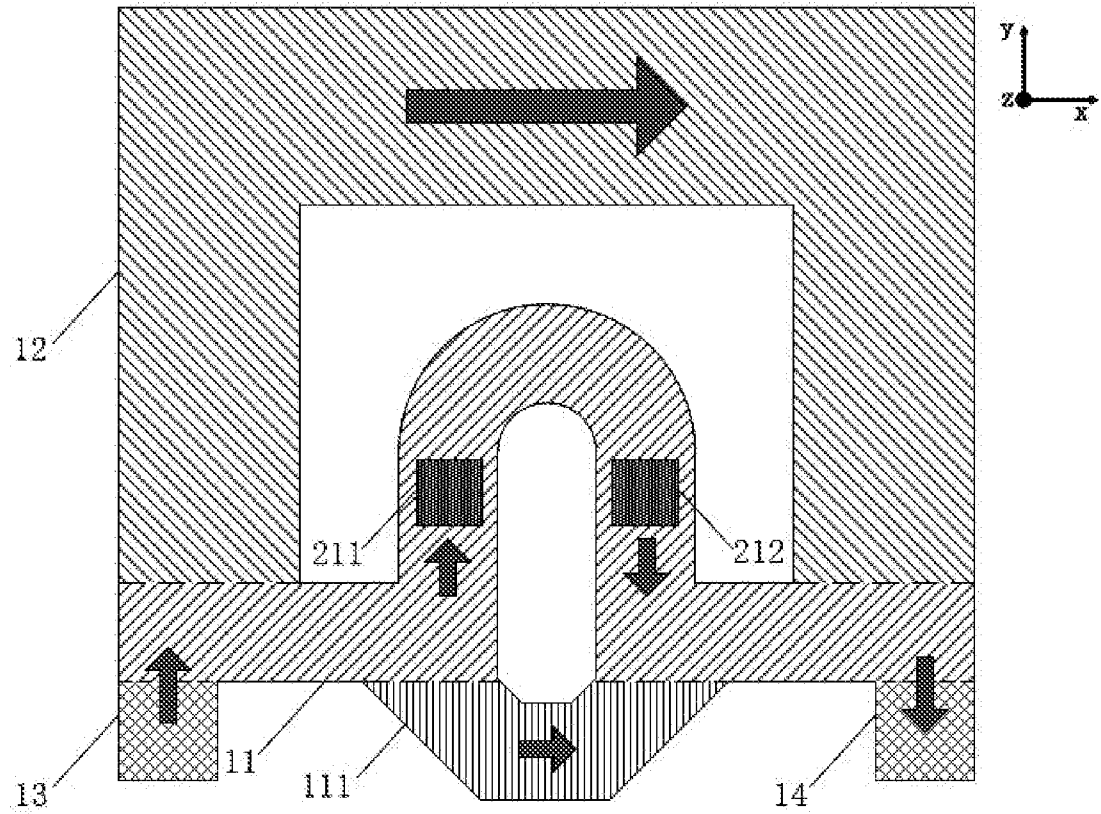


图 11

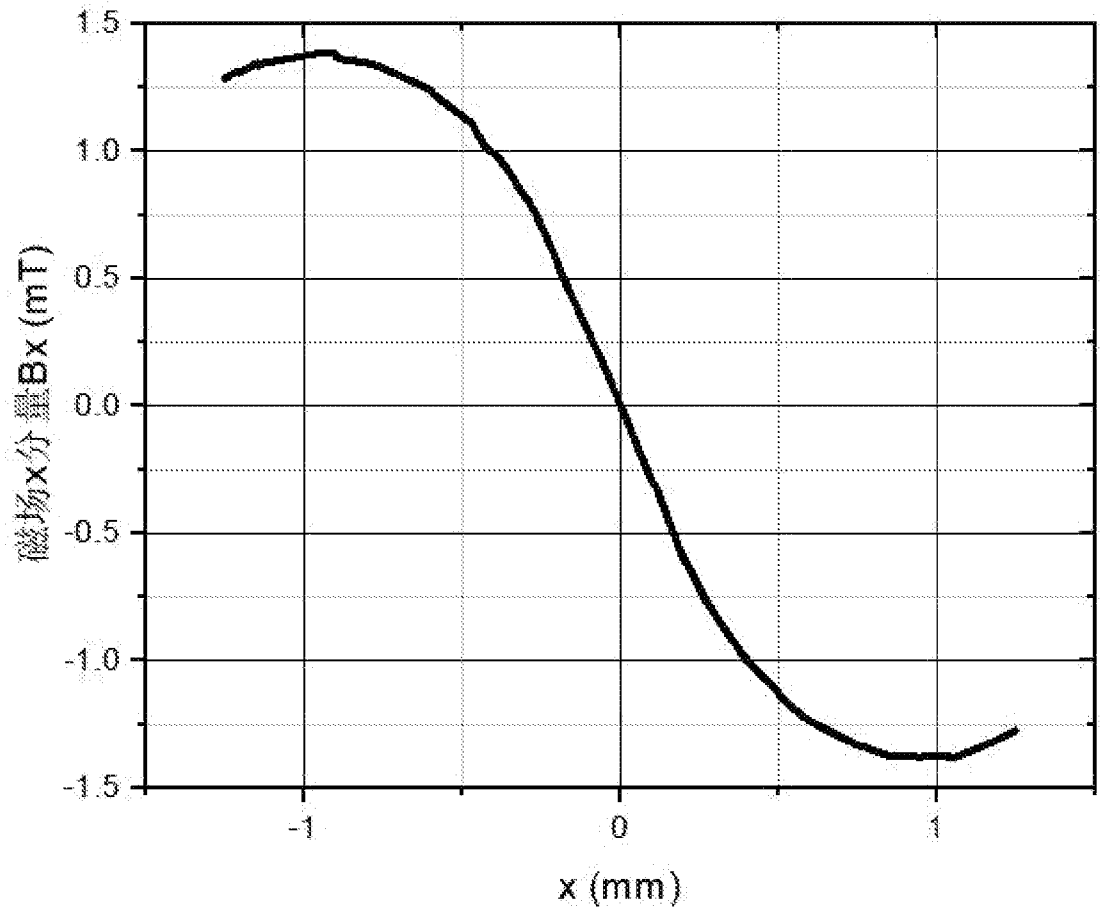


图 12

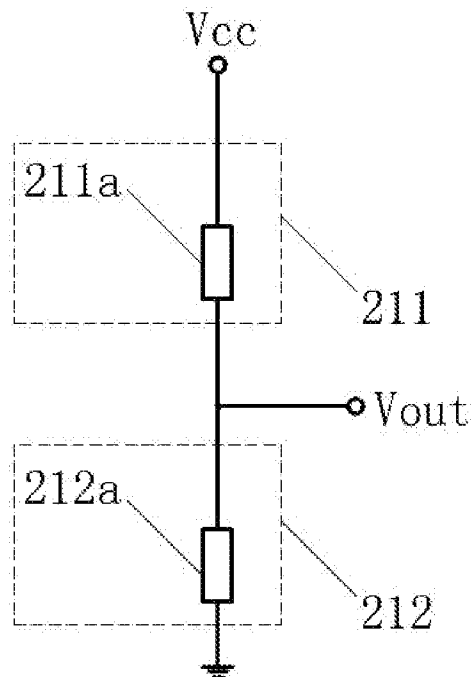


图 13

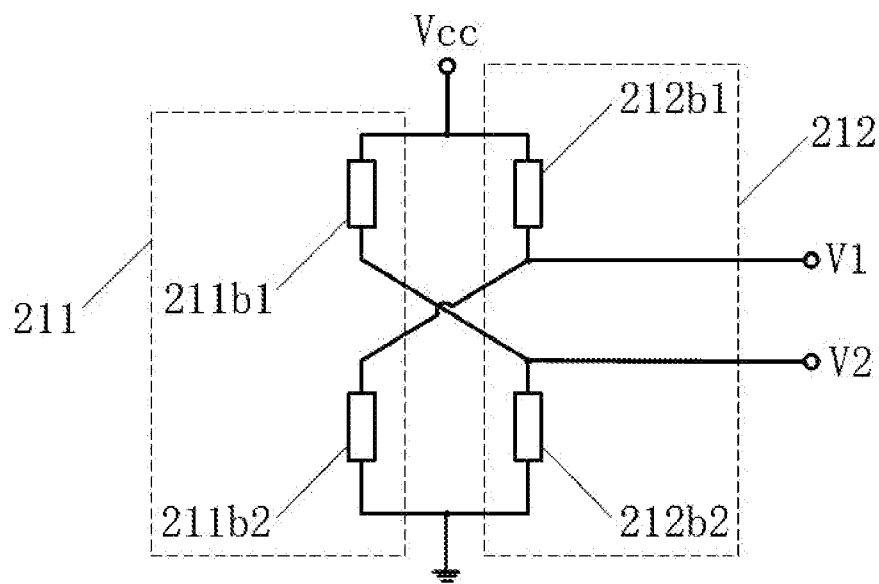


图 14

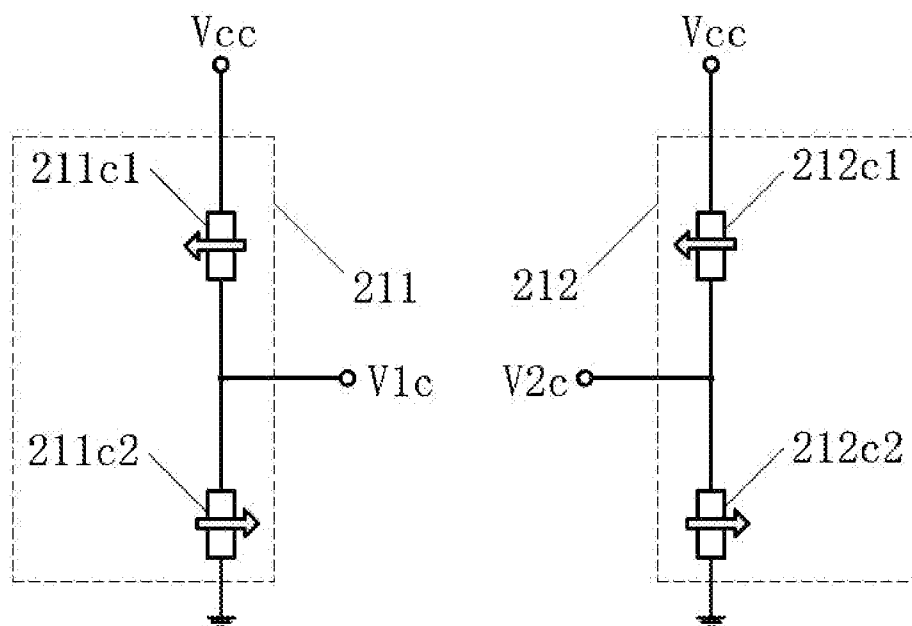


图 15

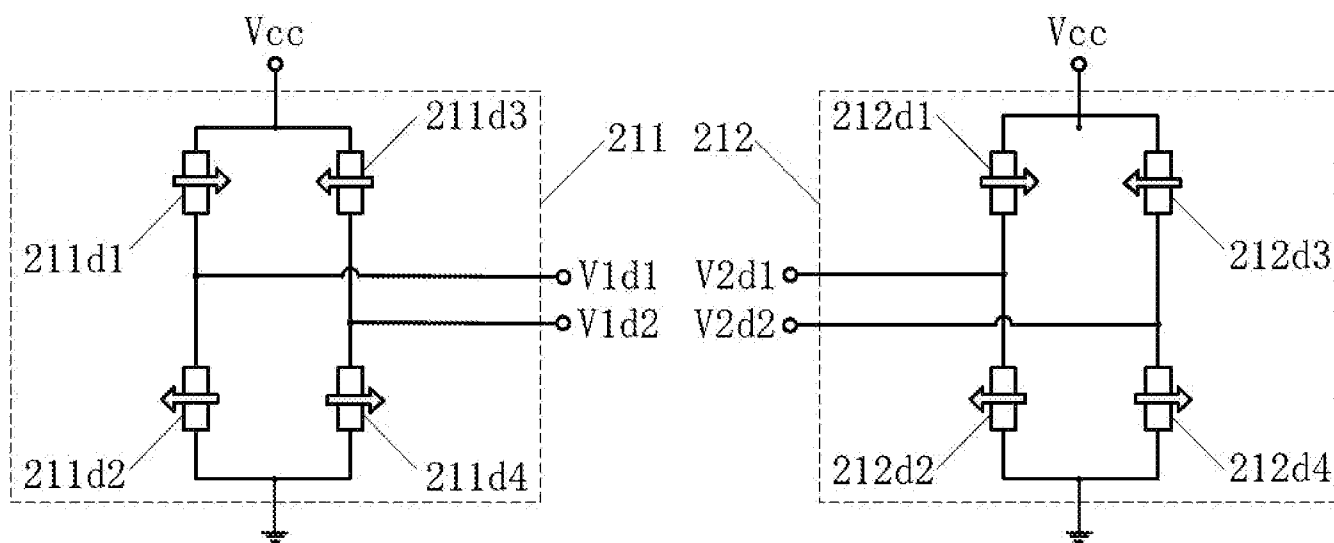


图 16

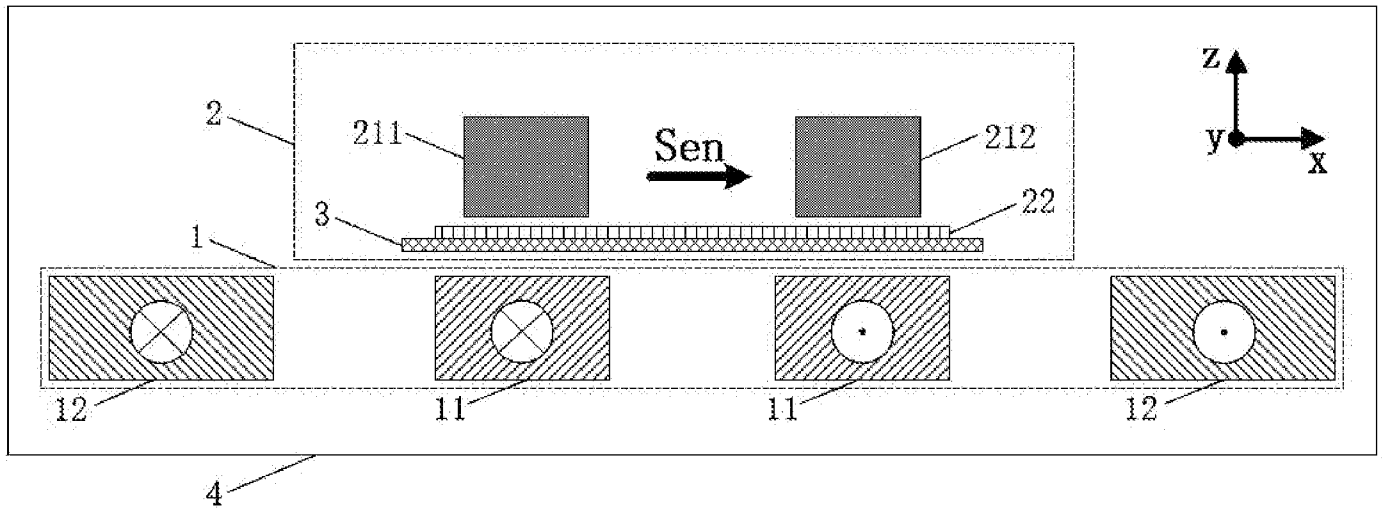


图 17

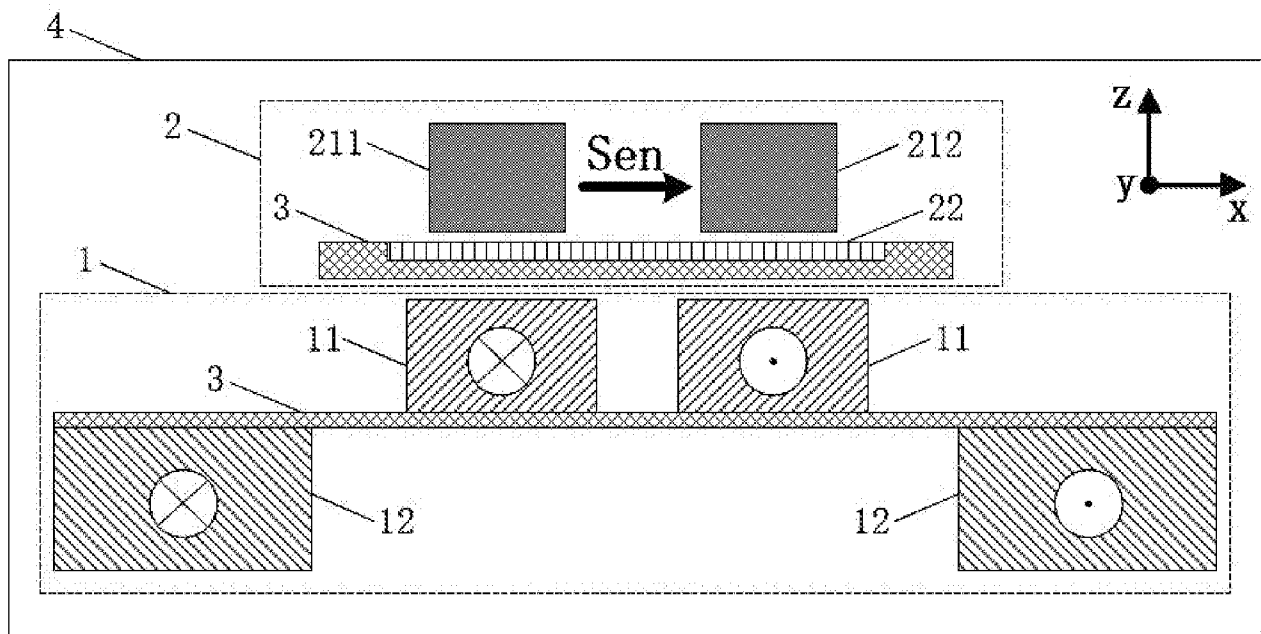


图 18

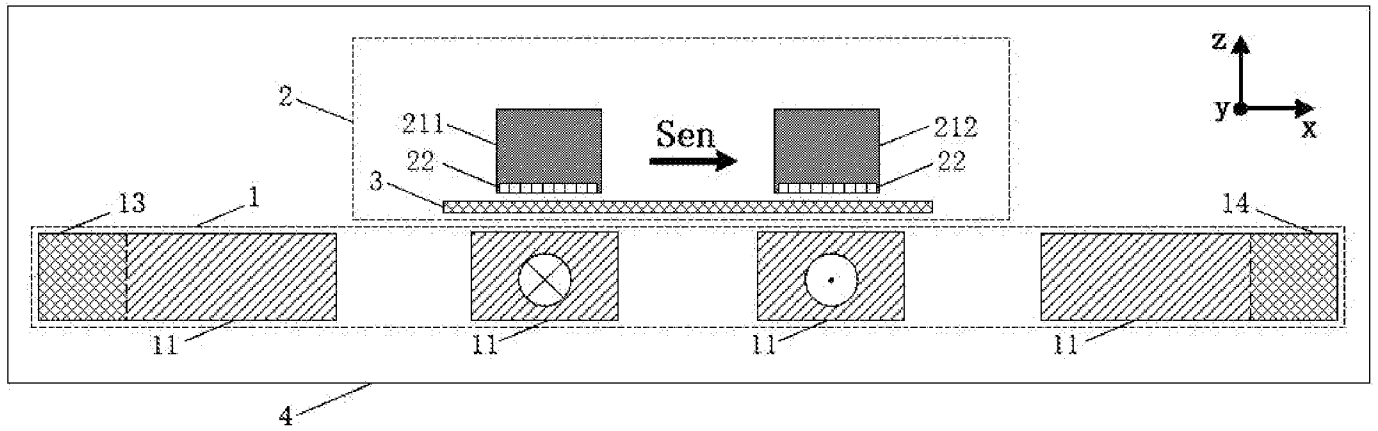


图 19

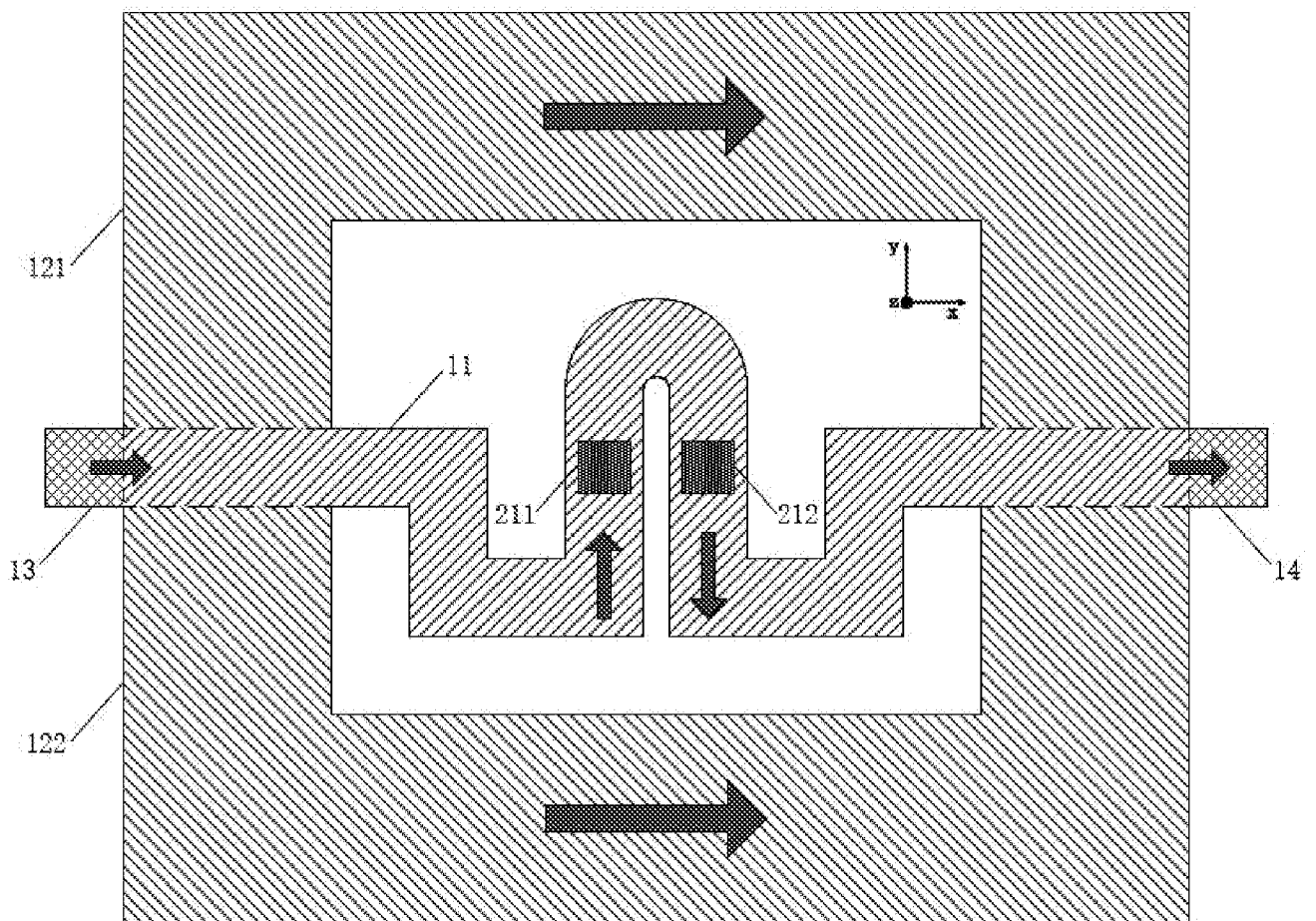


图 20

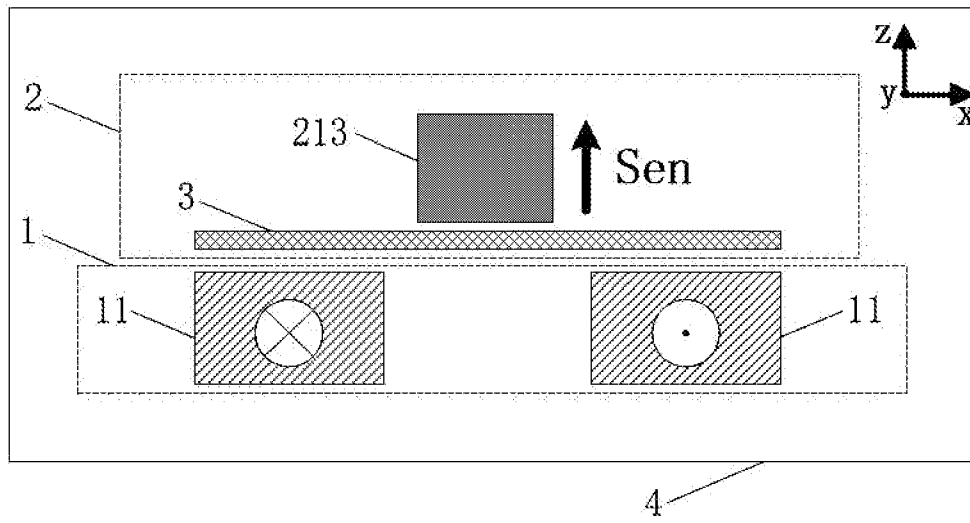


图 21

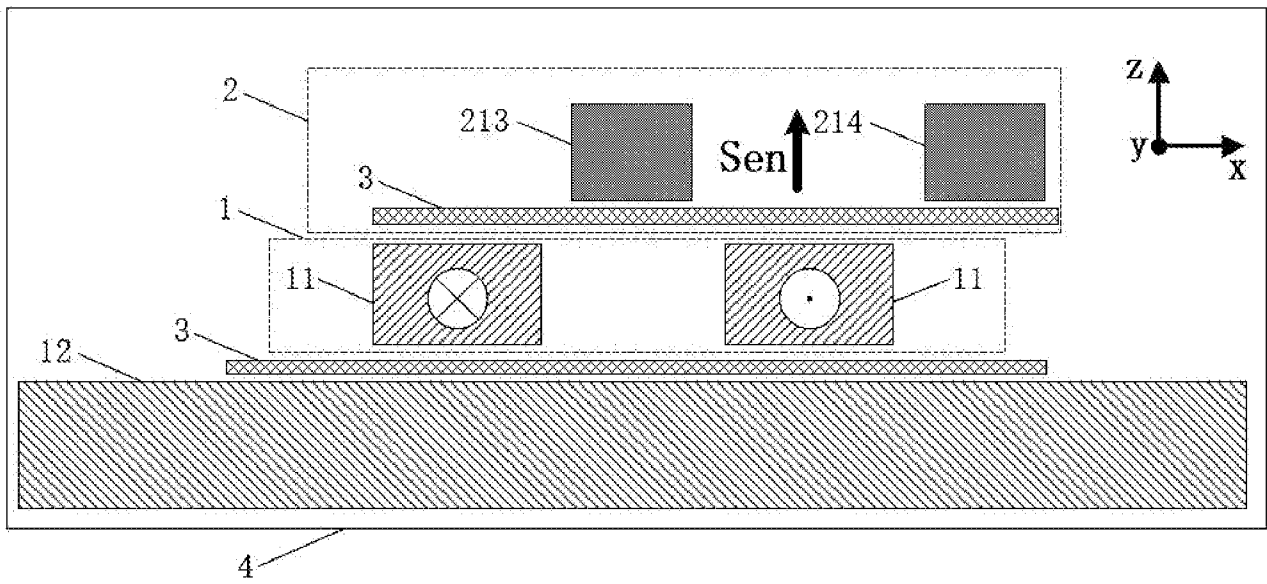


图 22

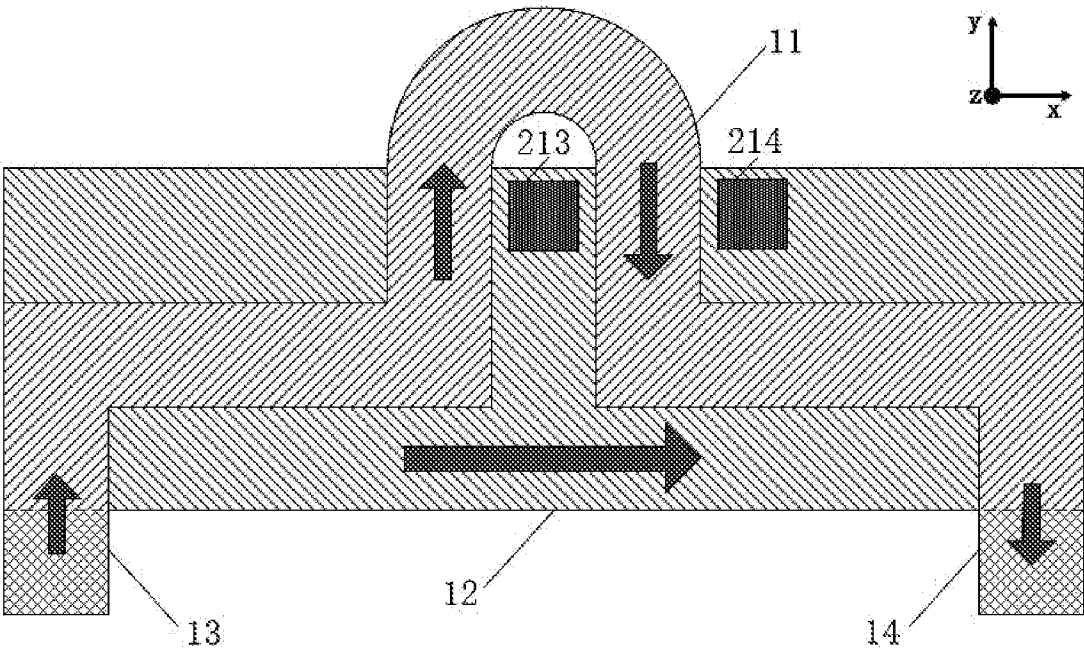


图 23

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/132435

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R19/00(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)

G01R

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)

CJFD, CNTXT, DWPI, ENTXT, ENTXTC, VEN, WPABS, WPABSC: 电流传感器, 铜排, 差分, 分流, 水平面, differential, shunt, shunting, copper, bar, level

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 114264861 A (JIANGSU MULTIDIMENSION TECHNOLOGY CO., LTD.) 01 April 2022 (2022-04-01) claims 1-7	1-7
X	US 2021263079 A1 (INFINEON TECHNOLOGIES AG.) 26 August 2021 (2021-08-26) description, paragraphs 37-49, and figures 1A-1C	1-7
A	CN 104714070 A (GUANGDONG SIHUI INSTRUMENT TRANSFORMER WORKS CO., LTD.) 17 June 2015 (2015-06-17) entire document	1-7
A	CN 112611911 A (WUXI LERTECH CO., LTD.) 06 April 2021 (2021-04-06) entire document	1-7
A	CN 215180452 U (NINGBO SINOMAGS ELECTRONIC TECHNOLOGY CO., LTD.) 14 December 2021 (2021-12-14) entire document	1-7
A	US 2018038898 A1 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 08 February 2018 (2018-02-08) entire document	1-7



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

“D” document cited by the applicant in the international application

“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

16 February 2023

Date of mailing of the international search report

16 February 2023

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District,
Beijing 100088

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2022/132435

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	114264861	A	01 April 2022	None			
US	2021263079	A1	26 August 2021	DE	102021104196	A1	26 August 2021
				US	2022334148	A1	20 October 2022
				US	11467188	B2	11 October 2022
CN	104714070	A	17 June 2015	None			
CN	112611911	A	06 April 2021	None			
CN	215180452	U	14 December 2021	None			
US	2018038898	A1	08 February 2018	JPWO	2017010219	A1	16 November 2017
				JP	6414641	B2	31 October 2018
				WO	2017010219	A1	19 January 2017
				US	10281497	B2	07 May 2019

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2022/132435

A. 主题的分类

G01R19/00 (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)

G01R

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))

CJFD, CNTXT, DWPI, ENTXT, ENTXTC, VEN, WPABS, WPABSC: 电流传感器, 铜排, 差分, 分流, 水平面, differential, shunt, shunting, copper, bar, level

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 114264861 A (江苏多维科技有限公司) 2022年4月1日 (2022 - 04 - 01)
权利要求1-7

1-7

X

US 2021263079 A1 (INFINEON TECHNOLOGIES AG) 2021年8月26日 (2021 - 08 - 26)
说明书第37-49段, 图1A-1C

1-7

A

CN 104714070 A (广东四会互感器厂有限公司) 2015年6月17日 (2015 - 06 - 17)
全文

1-7

A

CN 112611911 A (无锡乐尔科技有限公司) 2021年4月6日 (2021 - 04 - 06)
全文

1-7

A

CN 215180452 U (宁波希磁电子科技有限公司) 2021年12月14日 (2021 - 12 - 14)
全文

1-7

A

US 2018038898 A1 (MURATA MANUFACTURING CO.) 2018年2月8日 (2018 - 02 - 08)
全文

1-7

☐ 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

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“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

2023年2月16日

国际检索报告邮寄日期

2023年2月16日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

授权官员

孙毅

电话号码 (+86) 010-62085713

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/132435

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	114264861	A	2022年4月1日	无			
US	2021263079	A1	2021年8月26日	DE	102021104196	A1	2021年8月26日
				US	2022334148	A1	2022年10月20日
				US	11467188	B2	2022年10月11日
CN	104714070	A	2015年6月17日	无			
CN	112611911	A	2021年4月6日	无			
CN	215180452	U	2021年12月14日	无			
US	2018038898	A1	2018年2月8日	JPWO	2017010219	A1	2017年11月16日
				JP	6414641	B2	2018年10月31日
				WO	2017010219	A1	2017年1月19日
				US	10281497	B2	2019年5月7日