

(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 2023/116277 A1

(51) 国际专利分类号:
G01R 19/00 (2006.01) **G01R 15/20** (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2022/132433

(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:
202111569931.X 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, 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,

(54) Title: CURRENT SENSOR

(54) 发明名称: 一种电流传感器

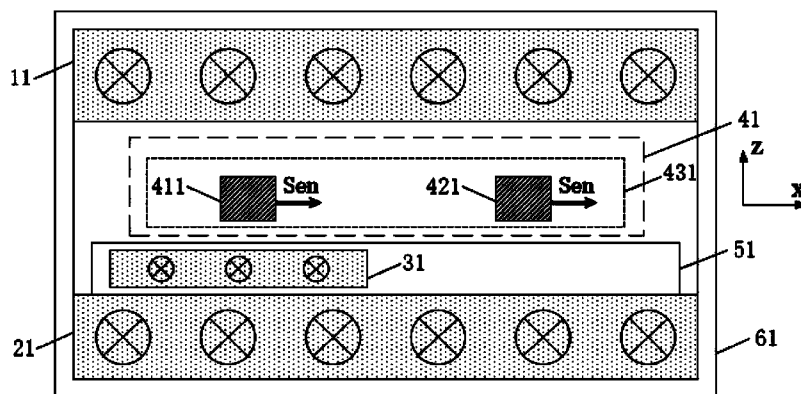


图1

(57) Abstract: A current sensor, comprising: a to-be-measured current input assembly, composed of a first current shunting copper bar (11), a second current shunting copper bar (21), and a differential copper bar (31) that are arranged in the same direction, and a signal output assembly, composed of a substrate (51) and a magnetic sensing module (41) fixed on the substrate (51), wherein the signal output assembly is electrically isolated from said current input assembly; current to be measured flows through a cross section perpendicular to the first current shunting copper bar (11), the second current shunting copper bar (21), and the differential copper bar (31), and generates a magnetic field at the position of the magnetic sensing module (41); the magnetic sensing module (41) at least comprises a first magnetic sensing unit (411) and a second magnetic sensing unit (421); the two magnetic sensing units (411, 421) are located between the differential copper bar (31) and the first current shunting copper bar (11), sense, in a differential manner, a differential mode magnetic field generated by said current input assembly, and generate a differential voltage signal to form an output signal of the current sensor. Hence, the advantages of high precision, and an adjustable and large current measurement range of the current sensor are realized.

WO 2023/116277 A1

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))。

(57) 摘要: 一种电流传感器, 包括: 由沿同一方向设置的第一分流铜排(11)、第二分流铜排(21)和差分铜排(31)构成的待测电流输入组件; 由基板(51)及固定于基板(51)上的磁感应模块(41)构成的信号输出组件, 信号输出组件与待测电流输入组件电气隔离; 待测电流从垂直于第一分流铜排(11)、第二分流铜排(21)和差分铜排(31)的横截面流过, 并在磁感应模块(41)位置处产生磁场; 磁感应模块(41)至少包括第一磁感应单元(411)和第二磁感应单元(421), 两个磁感应单元(411, 421)位于差分铜排(31)与第一分流铜排(11)之间, 两者以差分方式感应待测电流输入组件产生的差模磁场, 并产生差分电压信号以形成电流传感器的输出信号。由此实现了电流传感器的高精度、电流测量范围可调和量程大的优势。

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

电流传感器是一种电流检测装置，能将检测到的被测电流信息按一定规律变换成为符合一定标准需要的电信号或其他形式信号输出，用以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制等要求。目前，电流传感器广泛应用于家用电器、智能电网、电动车、风力发电等领域。

电流传感器包括磁性电流传感器，例如霍尔电流传感器、磁通门电流传感器、磁阻电流传感器等。霍尔电流传感器的技术最为成熟，但其灵敏度低、温度漂移特性差、带宽小等缺陷，使其在高精度电流测量场合的应用受限。磁通门电流传感器具有线性度好、检测精度高、温漂性能好等优势，但其体积较大、带宽小、电路复杂、成本高昂，导致其只能应用在对体积没有太多要求的场合。磁阻电流传感器是一类非常有前景的新型电流传感器，具有体积小、信号幅值大、灵敏度高、噪声低、易于与半导体电路集成的特点，可以简化后端信号处理电路的设计，减小整个电流传感器的体积并降低成本。

然而，对于现有的磁阻电流传感器，尤其是小体积芯片级磁阻电流传感器，其检测高精度对测量电流范围存在限制，即高灵敏度的磁阻电流传感器普遍饱和场较小，在大电流测量中容易出现磁饱和。例如 Allegro 公司的 ACS70331 集成式 GMR 电流传感器，其包括由 GMR 组成的电桥结构，可感应待测电流通过单层 U 型铜传导路径产生的相反方向的磁场，即该磁场直接作为电桥的输入信号，如此严重限制了电流传感器的使用范围，导致其量程只能够达到 2.5A。对于灵敏度较低但饱和场

较高的霍尔芯片级电流传感器，如 Allegro 公司的 ACS710、芯进电子的 CC6920 和 Melexis 的 MLX91221，在采用单层 U 型铜传导路径的情况下，电流传感器的量程也最多在几十安培；即便将 U 型铜传导路径替换为如 Allegro 公司 ACS756 的矩形铜排铜传导路径，电流传感器的量程也不超过 200A。

发明内容

本发明实施例提供一种电流传感器，以解决现有高精度小体积电流传感器量程小的问题。

本发明实施例提供了一种电流传感器，包括：

待测电流输入组件，所述待测电流输入组件包括第一分流铜排、第二分流铜排以及设置在所述第一分流铜排和所述第二分流铜排之间的差分铜排，所述第一分流铜排、所述第二分流铜排和所述差分铜排沿同一方向设置；

信号输出组件，所述信号输出组件与所述待测电流输入组件之间电气隔离，所述信号输出组件包括磁感应模块与基板，所述磁感应模块固定于所述基板上；

待测电流从垂直于所述第一分流铜排、所述第二分流铜排和所述差分铜排的横截面流过，并在所述磁感应模块位置处产生磁场；

所述磁感应模块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位于所述差分铜排与所述第一分流铜排之间，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待测电流输入组件产生的差模磁场，并产生差分电压信号以形成所述电流传感器的输出信号。

本发明实施例还提供了一种电流传感器，包括：

待测电流输入组件，所述待测电流输入组件包括并联连接的第一分流铜排和第二分流铜排；

信号输出组件，所述待测电流输入组件与所述信号输出组件之间电气隔离，所

述信号输出组件包括磁感应模块与基板，所述磁感应模块固定于所述基板上；

待测电流从垂直于所述第一分流铜排和所述第二分流铜排的横截面流过，并在所述磁感应模块位置处产生磁场；

所述磁感应模块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位于所述第一分流铜排和所述第二分流铜排之间，所述第一磁感应单元和所述第二磁感应单元位于同一水平面上，且该水平面与所述基板所在平面平行，沿垂直于所述基板所在平面的方向上，所述第一分流铜排和所述第二分流铜排在所述基板所在平面的竖直投影重合区域与所述第二磁感应单元不交叠；

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待测电流输入组件产生的磁场并产生差分电压信号，该差分电压信号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，是一种新型电流传感器，能够控制共模磁场工作点，可以解决磁电阻敏感元件容易饱和的问题，以此解决现有电流传感器中高精度对测量电流范围的限制，且本发明实施例提供的电流传感器结构可应用于小体积电流传感器芯片，实现了电流传感器的高精度和电流测量范围可调，能够应用于各类不同的工作范围，具有结构简单、抗外磁场干扰能力强、可测直流交流大电流、输入输出电气隔离、线性度好、精度高、稳定性好、体积小、量程大的优势。

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 是本发明实施例提供的一种电流传感器的示意图；

图 2 是图 1 所示电流传感器的仿真示意图；

图 3 是图 1 所示电流传感器的差分半桥结构的示意图；

图 4 是图 1 所示电流传感器的另一种电桥结构的示意图；

图 5 是图 1 所示电流传感器的又一种电桥结构的示意图；

图 6 是本发明实施例提供的另一种电流传感器的示意图；

图 7 是图 6 所示电流传感器的差分全桥结构的示意图；

图 8 是本发明实施例提供的又一种电流传感器的示意图；

图 9 是本发明实施例提供的又一种电流传感器的示意图；

图 10 是本发明实施例提供的又一种电流传感器的示意图；

图 11 是本发明实施例提供的又一种电流传感器的示意图。

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。

参考图 1 所示，为本发明实施例提供的一种电流传感器的示意图。如图 1 所示，本实施例提供的电流传感器包括：待测电流输入组件，待测电流输入组件包括第一分流铜排 11、第二分流铜排 21 以及设置在第一分流铜排 11 和第二分流铜排 21 之间的差分铜排 31，第一分流铜排 11、第二分流铜排 21 和差分铜排 31 沿同一方向设置；信号输出组件，信号输出组件与待测电流输入组件之间电气隔离，信号输出组

件包括磁感应模块 41 与基板 51，磁感应模块 41 固定于基板 51 上；待测电流从垂直于第一分流铜排 11、第二分流铜排 21 和差分铜排 31 的横截面流过，并在磁感应模块 41 位置处产生磁场；磁感应模块 41 至少包括第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421，第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421 位于差分铜排 31 与第一分流铜排 11 之间，第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421 以差分方式感应待测电流输入组件产生的差模磁场，并产生差分电压信号以形成电流传感器的输出信号。

本实施例中，第一分流铜排 11、第二分流铜排 21 和差分铜排 31 构成待测电流输入组件。三个铜排共同对待测电流进行分流，其中，待测电流在第一分流铜排 11 内的电流方向，待测电流在第二分流铜排 21 内的电流方向以及待测电流在差分铜排 31 内的电流方向均相同。如图 1 所示，第一分流铜排 11、第二分流铜排 21 和差分铜排 31 沿 Z 方向平行排布设置。

磁感应模块 41 与基板 51 构成信号输出组件，信号输出组件与待测电流输入组件之间电气隔离，磁感应模块 41 固定设置于基板 51 上。如图 1 所示，第一分流铜排 11 位于磁感应模块 41 背离基板 51 的一侧上，第二分流铜排 21 位于基板 51 背离磁感应模块 41 的一侧上。沿图示方向，第一分流铜排 11 位于磁感应模块 41 的上方，第二分流铜排 21 位于差分铜排 31 的下方，磁感应模块 41 位于差分铜排 31 的上方。待测电流从垂直于第一分流铜排 11、第二分流铜排 21 和差分铜排 31 的横截面流过，并在磁感应模块 41 位置处产生磁场，可以理解，第一分流铜排 11、第二分流铜排 21 和差分铜排 31 的横截面为 X-Z 平面，则如图 1 所示待测电流的电流方向垂直于 X-Z 平面。

磁感应模块 41 至少包括第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421，第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421 位于差分铜排 31 与第一分流铜排 11 之间，第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421 沿 X 方向排布设置。第一磁感应单元 411 和

第二磁感应单元 421 以差分方式感应并测量待测电流流过待测电流输入组件产生的差模磁场，并产生差分电压信号以形成电流传感器的输出信号。可选磁感应模块 41 内各磁感应单元的灵敏度方向与基板 51 所在平面平行，如磁感应单元的灵敏度方向为图 1 示向右方向即 X 方向。

可选第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421 位于同一水平面上，且该水平面与基板 51 所在平面平行；沿垂直于基板 51 所在平面的方向 Z 上，差分铜排 31 在基板 51 所在平面的竖直投影覆盖第一磁感应单元 411，且与第二磁感应单元 421 不交叠；沿垂直于基板 51 所在平面的方向 Z 上，第一分流铜排 11 在基板 51 所在平面的竖直投影覆盖第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421，且第二分流铜排 21 在基板 51 所在平面的竖直投影覆盖第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421。

如上所述，第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421 位于同一水平面上，且该水平面与基板 51 所在平面平行，基板 51 所在平面垂直于 X-Z 平面。沿 Z 方向上，第一分流铜排 11、第二分流铜排 21、差分铜排 31、第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421 在基板 51 所在平面进行垂直投影，则基板 51 所在平面上各结构投影的关系是第一磁感应单元 411 的投影位于差分铜排 31 的投影范围内，第二磁感应单元 421 的投影位于差分铜排 31 的投影范围之外，第一分流铜排 11 的投影覆盖第一磁感应单元 411 的投影和第二磁感应单元 421 的投影，第二分流铜排 21 的投影覆盖第一磁感应单元 411 的投影和第二磁感应单元 421 的投影。各铜排磁场仅需覆盖磁感应单元范围，由此可以实现电流传感器的芯片级体积大小。

可选电流传感器还包括：外壳 61，待测电流输入组件和信号输出组件均固定设置在外壳 61 内。可选差分铜排 31 设置在基板 51 的内部。本实施例中，外壳 61 为机械支架外壳，机械支架外壳对电流传感器内各部分起到包裹、固定支撑以及提供外部接口的作用。差分铜排 31 嵌于基板 51 内部，且其在基板 51 内的位置相对更临

近第一磁感应单元 411。

可选第一磁感应单元 411 的灵敏度方向、第二磁感应单元 421 的灵敏度方向与待测电流通过差分铜排 31 在第一磁感应单元 411 位置处产生的磁场方向相同或相反。待测电流流过差分铜排 31 时，差分铜排 31 在第一磁感应单元 411 位置处产生磁场，此时取该磁场方向与第一磁感应单元 411 的灵敏度方向相同，还与第二磁感应单元 421 的灵敏度方向相同。具体的，参考图 1 所示，差分铜排 31 在第一磁感应单元 411 位置处产生的磁场方向在磁感应模块 41 所在平面内，且垂直于待测电流方向。其中，待测电流方向垂直于 X-Z 平面，则差分铜排 31 在第一磁感应单元 411 位置处产生的磁场方向平行于 X 方向。

基于上述结构，以下将通过具体示例对电流传感器的工作原理进行详细说明。

参考图 2 所示，为图 1 所示电流传感器的仿真示意图。设定待测电流 I_m 为 50A，待测电流输入组件的截面宽度为 10mm。结合图 1 所示，待测电流输入组件的截面宽度为沿 Z 方向上第一分流铜排 11 的上表面至第二分流铜排 21 的下表面的尺寸，磁感应模块 41 位于差分铜排 31 上方 0.6mm 水平面位置处，那么待测电流以垂直于待测电流输入组件的横截面 X-Z 平面的方向流过铜排时，会在差分铜排 31 上方 0.6mm 水平面位置处产生磁场。

可以看出，在差分铜排 31 上方竖直投影的边缘附近，即第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421 位置处的磁场具有明显的差值，并且图 2 所示 X 轴内 $\pm 3\text{mm}$ 位置附近产生的磁场较为均匀，能有效产生差模磁场。

设定第一磁感应单元 411 位于差分铜排 31 上方竖直投影覆盖范围内的磁场均匀区，第二磁感应单元 421 位于差分铜排 31 上方竖直投影覆盖范围之外的磁场均匀区；该两个磁感应单元同时都位于第一分流铜排 11 的磁场均匀区，两个磁感应单元还同时都位于第二分流铜排 21 的磁场均匀区；第一分流铜排 11、第二分流铜排 21 和差

分铜排 31 并联连接以对待测电流 I_{in} 进行分流。则在认为材质均匀的情况下，图 1 截面中电流密度可视作相同，即电流大小与截面积成正比。

令第一分流铜排 11 中通过的电流为 I_1 ，第二分流铜排 21 中通过的电流为 I_2 ，差分铜排 31 中通过的电流为 I_3 ，则有以下式 (1)：

$$I_{in}=I_1+I_2+I_3 \quad (1)。$$

由于第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421 均位于第一分流铜排 11 和第二分流铜排 21 的磁场均匀区，则流过第一分流铜排 11 的电流在第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421 位置处产生均匀磁场，流过第二分流铜排 21 的电流在第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421 位置处产生均匀磁场。

令第一分流铜排 11 在第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421 位置处产生的磁场的线性常数为 k_1 ，第二分流铜排 21 在第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421 位置处产生的磁场的线性常数为 k_2 ，差分铜排 31 在第一磁感应单元 411 位置处产生的磁场的线性常数为 k_{31} ，差分铜排 31 在第二磁感应单元 421 位置处产生的磁场的线性常数为 k_{32} 。以图示右方向为磁场正方向，则根据载流导线产生磁场的毕萨定律，待测电流输入组件在第一磁感应单元 411 位置处产生的磁场 H_{41} 和在第二磁感应单元 421 位置处产生的磁场 H_{42} 分别随电流线性变化。得到以下式 (2)：

$$\begin{aligned} H_{41} &= -k_1 I_1 + k_2 I_2 + k_{31} I_3; \\ H_{42} &= -k_1 I_1 + k_2 I_2 + k_{32} I_3 \end{aligned} \quad (2)。$$

对式 (2) 进行等效变换，那么待测电流输入组件在第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421 位置处的磁场可分解为共模磁场 H_{CM} 和差模磁场 H_{DM} ，如下式 (3)：

$$\begin{aligned} H_{CM} &= \frac{1}{2}(H_{41} + H_{42}) = -k_1 I_1 + k_2 I_2 + \frac{1}{2}(k_{31} + k_{32}) \times I_3 \\ H_{DM} &= \frac{1}{2}(H_{41} - H_{42}) = \frac{1}{2}(k_{31} - k_{32}) \times I_3 \end{aligned} \quad (3)。$$

相应的，待测电流输入组件在第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421 位置处的磁场可转化为共模磁场 H_{CM} 和差模磁场 H_{DM} 的叠加，表示如下式（4）：

$$\begin{aligned} H_{41} &= H_{CM} + H_{DM}; \\ H_{42} &= H_{CM} - H_{DM} \end{aligned} \quad (4)。$$

差分铜排 31 在第二磁感应单元 421 位置处产生的磁场很小，所以可以近似认为 $k_{32}=0$ ，则式（3）可以简化为下式（5）：

$$\begin{aligned} H_{CM} &= \frac{1}{2}(H_{41} + H_{42}) = -k_1 I_1 + k_2 I_2 + \frac{1}{2} k_{31} I_3 \\ H_{DM} &= \frac{1}{2}(H_{41} - H_{42}) = \frac{1}{2} k_{31} I_3 \end{aligned} \quad (5)。$$

从式（5）以及图 1 可以看出，第一分流铜排 11 在第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421 位置处产生的磁场方向与第二分流铜排 21 在第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421 位置处产生的磁场方向相反，那么两者可以相互抵消和减小。另外，待测电流输入组件在第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421 位置处的共模磁场 H_{CM} 与第一分流铜排 11、第二分流铜排 21 和差分铜排 31 均相关，待测电流输入组件在第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421 位置处的差模磁场 H_{DM} 仅与差分铜排 31 相关；因此，第一分流铜排 11 和第二分流铜排 21 在第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421 位置处只产生共模磁场 H_{CM} ，不产生差模磁场 H_{DM} 。如此，可以起到调节并增大电流传感器的电流输入范围的作用。

进一步的，理想情况下，待测电流输入组件在第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421 位置处产生的共模磁场 H_{CM} 被完全抵消到零，那么待测电流输入组件在第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421 位置处产生的磁场分解可以只考虑差模磁场 H_{DM} 。结合图 1 所示，差分铜排 31 在第二磁感应单元 421 位置处产生的磁场很小，可以近似认为 $k_{32}=0$ ，则（3）式可以简化为下式（6）：

$$H_{CM}=0; H_{DM}=k_{31}I_3/2 \quad (6)。$$

则 (4) 式可以简化为下式 (7)：

$$H_{41}=H_{DM}=k_{31}I_3/2; H_{42}=-H_{DM}=-k_{31}I_3/2 \quad (7)。$$

综上所述，第一分流铜排 11、第二分流铜排 21 和差分铜排 31 共同对待测电流 I_{in} 进行分流，其在第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421 位置处的磁场与待测电流 I_{in} 成正比，能够通过测量差模磁场 H_{DM} 实现待测电流的检测。

结合式 (6) 和 (7) 可以看出，理想状况下，待测电流输入组件在第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421 位置处产生的共模磁场 H_{CM} 能够被完全抵消，因此磁电阻敏感元件的工作区间可以由差模磁场 H_{DM} 完全覆盖，给电流传感器提供了最大限度的测量电流范围。

本发明实施例中，第一分流铜排、第二分流铜排与差分铜排构成待测电流输入组件，并在磁感应模块位置处产生磁场；磁感应模块中的两个磁感应单元以差分方式感应待测电流流过待测电流输入组件时产生的差模磁场，并以此生成差分电压信号，磁感应模块输出的差分电压信号形成电流传感器的输出信号。本发明实施例提供的电流传感器，是一种新型电流传感器，能够控制共模磁场工作点，可以解决磁电阻敏感元件容易饱和的问题，以此解决现有电流传感器中高精度对测量电流范围的限制，且本发明实施例提供的电流传感器结构可应用于小体积电流传感器芯片，实现了电流传感器的高精度和电流测量范围可调，能够应用于各类不同的工作范围，具有结构简单、抗外磁场干扰能力强、可测直流交流大电流、输入输出电气隔离、线性度好、精度高、稳定性好、体积小、量程大的优势。

可选第一磁感应单元至少包括一个磁电阻桥臂，第二磁感应单元至少包括一个磁电阻桥臂；第一磁感应单元的磁电阻桥臂和第二磁感应单元的磁电阻桥臂电气连

接成差分半桥结构或者差分全桥结构；其中，各磁电阻桥臂的灵敏度方向相同，且磁电阻桥臂由至少一个磁电阻敏感元件串并联构成。可选磁感应单元由各向异性磁电阻 AMR、巨磁电阻 GMR、隧道磁电阻 TMR 和庞磁电阻 CMR 中的任意一种磁电阻敏感元件构成。

参考图 3 所示，为图 1 所示电流传感器的差分半桥结构的示意图。如图 3 所示，第一磁感应单元 411 由一个磁电阻桥臂 411a 构成，且第二磁感应单元 421 由一个磁电阻桥臂 421a 构成。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方式构成，两个磁电阻桥臂 411a 和 421a 的灵敏度方向相同，例如灵敏度方向如图 1 所示水平向右 X 方向，并在电气上形成差分半桥结构。可选图 3 中构成磁感应单元的磁电阻敏感元件为隧道磁电阻 TMR。

结合前述分析和图 1&图 3 可知，第一分流铜排 11 和第二分流铜排 21 只会抵消和减小共模磁场 H_{CM} ，而不产生差模磁场 H_{DM} ，抵消后的共模磁场 H_{CM} 可能同向、归零或反向。

假设抵消过后的共模磁场 H_{CM} 为同向，则差模磁场 H_{DM} 导致第一磁感应单元 411 位置处向右的磁场大于第二磁感应单元 421 位置处向右的磁场，由于两个磁电阻桥臂 411a 和 421a 灵敏度方向都向右，则磁电阻桥臂 411a 位置处向右的磁场大于磁电阻桥臂 421a 位置处向右的磁场，因此设定磁电阻桥臂 411a 的电阻小于磁电阻桥臂 421a 的电阻，可以实现磁场到电压的变化。由此，图 3 中 V_a 会根据待测电流的情况产生相应的变化，形成差分电压信号。

参考图 1 所示，可选电流传感器还包括：开环信号调理电路 431，开环信号调理电路 431 对差分电压信号进行调理放大、温度补偿和线性度修正。本实施例中，磁感应模块 41 还包含开环信号调理电路 431，开环信号调理电路 431 对第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421 生成的差分电压信号进行调理放大、温度补偿和线

性度修正，以形成磁感应模块 41 的输出信号。则磁感应模块 41 的输出形成为电流传感器的输出信号。

如上所述，差分铜排 31 形成差模磁场，第一分流铜排 11 和第二分流铜排 21 形成的共模磁场与差分铜排 31 形成的共模磁场相互抵消和减小，扩大了电流传感器的测量电流范围。

本实施例中，采用开环信号调理电路，制成了一种新型的电流测量范围可调并能有效增大待测电流测量范围的差分式电流传感器，有效解决了磁电阻敏感元件容易饱和的问题，并提供良好的抗外磁场干扰能力，具有可测直流交流大电流、构造简单、输入输出电气隔离的特点。其中，铜排磁场仅需覆盖磁感应单元范围，因此电流传感器可以实现芯片级体积大小；结合隧道磁电阻器件体积小、信号幅值大、灵敏度高、噪声低、易于与半导体电路集成的特点，能够进一步简化电流传感器后端信号处理电路的设计，减小整个电流传感器的体积，并降低电流传感器的成本。

可选第一磁感应单元包含一个第一半桥或第一全桥，第二磁感应单元包含一个第二半桥或第二全桥；第一磁感应单元的电桥和第二磁感应单元的电桥之间的输出电压差产生差分电压信号。

可选第一半桥包含灵敏度方向相反的两个磁电阻桥臂，第二半桥包含灵敏度方向相反的两个磁电阻桥臂；或者，第一全桥包含四个磁电阻桥臂且电气连接的相邻两个磁电阻桥臂的灵敏度方向相反，第二全桥包含四个磁电阻桥臂且电气连接的相邻两个磁电阻桥臂的灵敏度方向相反；其中，磁电阻桥臂由一个磁电阻敏感元件构成或者由一个以上磁电阻敏感元件通过串并联连接构成。

参考图 4 所示，为图 1 所示电流传感器的另一种电桥结构的示意图。如图 4 所示，第一磁感应单元 411 包含一个第一半桥，第二磁感应单元 421 包含一个第二半

桥。第一半桥包含两个磁电阻桥臂 411b1 和 411b2，第二半桥包含两个磁电阻桥臂 421b1 和 421b2。

每个电桥中磁电阻桥臂的灵敏度方向不相同。第一半桥中磁电阻桥臂 411b1 和 411b2 的灵敏度方向相反，具体的，磁电阻桥臂 411b1 的灵敏度方向为图示向左，磁电阻桥臂 411b2 的灵敏度方向为图示向右；第二半桥中磁电阻桥臂 421b1 和 421b2 的灵敏度方向相反，具体的，磁电阻桥臂 421b1 的灵敏度方向为图示向左，磁电阻桥臂 421b2 的灵敏度方向为图示向右。

结合前述分析和图 1&图 4 可知，第一分流铜排 11 和第二分流铜排 21 只会抵消和减小共模磁场 H_{CM} ，而不产生差模磁场 H_{DM} ，抵消后的共模磁场 H_{CM} 可能同向、归零或反向。

假设抵消过后的共模磁场为向右，并且叠加差模磁场后，第一磁感应单元 411 位置处向右的磁场大于第二磁感应单元 421 位置处向右的磁场，则磁电阻桥臂 411b1 的电阻大于磁电阻桥臂 411b2 的电阻，磁电阻桥臂 421b1 的电阻大于磁电阻桥臂 421b2 的电阻，且磁电阻桥臂 411b1 和 411b2 的电阻差大于磁电阻桥臂 421b1 和 421b2 的电阻差，实现磁场到电压的变化。由此，图 4 中第一磁感应单元 411 的电桥的输出电压 V_{1b} 和第二磁感应单元 421 的电桥的输出电压 V_{2b} 会根据待测电流的情况产生相应的变化，两者的输出电压差值形成差分电压信号。

参考图 5 所示，为图 1 所示电流传感器的又一种电桥结构的示意图。如图 5 所示，第一磁感应单元 411 包含一个第一全桥，第二磁感应单元 421 包含一个第二全桥。第一全桥包含四个磁电阻桥臂 411c1、411c2、411c3 和 411c4，第二全桥包含四个磁电阻桥臂 421c1、421c2、421c3 和 421c4。每个电桥中磁电阻桥臂的灵敏度方向可以不完全相同。

第一全桥中，每个磁电阻桥臂 411c1、411c2、411c3 和 411c4 在全桥连接结构

中都和与其电气相邻的磁电阻桥臂灵敏度方向相反。即，磁电阻桥臂 411c1 和与其相邻的磁电阻桥臂 411c2 和 411c3 的灵敏度方向相反，磁电阻桥臂 411c4 和与其相邻的磁电阻桥臂 411c2 和 411c3 的灵敏度方向相反。由此可得，磁电阻桥臂 411c1 和 411c4 的灵敏度方向相同且为图示向右，磁电阻桥臂 411c2 和 411c3 的灵敏度方向相同且为图示向左，磁电阻桥臂 411c1 和 411c2 的灵敏度方向相反。

第二全桥中，每个磁电阻桥臂 421c1、421c2、421c3 和 421c4 在全桥连接结构中都和与其电气相邻的磁电阻桥臂灵敏度方向相反。即，磁电阻桥臂 421c1 和与其相邻的磁电阻桥臂 421c2 和 421c3 的灵敏度方向相反，磁电阻桥臂 421c4 和与其相邻的磁电阻桥臂 421c2 和 421c3 的灵敏度方向相反。由此可得，磁电阻桥臂 421c1 和 421c4 的灵敏度方向相同且为图示向右，磁电阻桥臂 421c2 和 421c3 的灵敏度方向相同且为图示向左，磁电阻桥臂 421c1 和 421c2 的灵敏度方向相反。

结合前述分析和图 1&图 5 可知，第一分流铜排 11 和第二分流铜排 21 只会抵消和减小共模磁场 H_{CM} ，而不产生差模磁场 H_{DM} ，抵消后的共模磁场 H_{CM} 可能同向、归零或反向。

假设抵消过后的共模磁场为向右，并且叠加差模磁场后，第一磁感应单元 411 位置处向右的磁场大于第二磁感应单元 421 位置处向右的磁场，则磁电阻桥臂 411c2 和 411c3 的电阻大于磁电阻桥臂 411c1 和 411c4 的电阻，磁电阻桥臂 421c2 和 421c3 的电阻大于磁电阻桥臂 421c1 和 421c4 的电阻。并且，磁电阻桥臂 411c2 和 411c3 的电阻与磁电阻桥臂 411c1 和 411c4 的电阻之间的差值为差值 1，磁电阻桥臂 421c2 和 421c3 的电阻与磁电阻桥臂 421c1 和 421c4 的电阻之间的差值为差值 2，差值 1 大于差值 2。由此实现磁场到电压的变化，其中，图 5 中 $V1c1$ 和 $V1c2$ 的电压差形成第一磁感应单元 411 的电桥的输出电压， $V2c1$ 和 $V2c2$ 的电压差形成第二磁感应单元 421 的电桥的输出电压。第一磁感应单元 411 的输出电压和第二磁感应单元 421

的输出电压会根据待测电流的情况产生相应的变化，两者的输出电压差值形成差分电压信号。

以上所述磁电阻桥臂由一个磁电阻敏感元件构成，或者，以上所述磁电阻桥臂由多个磁电阻敏感元件通过串并联连接方式构成。

示例性的，在上述任意实施例的基础上，根据闭环磁场电流传感器线性度高、温度特性好、稳定可靠、高精度电流测量等特点，将闭环磁场反馈线圈集成到电流传感器内部，实现电流的高精度测量。以下为具体示例。

可选第一磁感应单元至少包括一个磁电阻桥臂，第二磁感应单元至少包括一个磁电阻桥臂；第一磁感应单元的磁电阻桥臂和第二磁感应单元的磁电阻桥臂电气连接成差分半桥结构或者差分全桥结构；其中，各磁电阻桥臂的灵敏度方向相同，且磁电阻桥臂由至少一个磁电阻敏感元件串并联构成。可选磁感应单元由各向异性磁电阻 AMR、巨磁电阻 GMR、隧道磁电阻 TMR 和庞磁电阻 CMR 中的任意一种磁电阻敏感元件构成。

可选电流传感器还包括：闭环信号调理电路和磁场反馈线圈，闭环信号调理电路、磁场反馈线圈、第一磁感应单元和第二磁感应单元构成闭环磁场反馈结构；差分电压信号经闭环信号调理电路放大后，通过磁场反馈线圈产生反馈磁场以反向抵消差模磁场，达到磁场动态平衡时第一磁感应单元和第二磁感应单元工作在相等的共模磁场工作点，再对磁场反馈线圈的反馈电流进行取样后形成磁感应模块的输出信号。

参考图 6 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 7 所示，为图 6 所示电流传感器的差分全桥结构的示意图。如图 6 所示，电流传感器还包括：闭环信号调理电路 441 和磁场反馈线圈 451。如图 7 所示，第一磁感应单

元 411 由两个磁电阻桥臂 411d1 和 411d2 构成，第二磁感应单元 421 由两个磁电阻桥臂 421d1 和 421d2 构成；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方式构成，四个磁电阻桥臂 411d1、411d2、421d1 和 421d2 的灵敏度方向相同，例如灵敏度方向如图 6 所示水平向右方向，并在电气上形成差分全桥结构。可选图 7 中构成磁感应单元的磁电阻敏感元件为隧道磁电阻 TMR。

参考图 6 所示，第一分流铜排 11、第二分流铜排 21 和差分铜排 31 并联对待测电流进行分流，差分铜排 31 形成差模磁场，第一分流铜排 11 和第二分流铜排 21 形成的共模磁场与差分铜排 31 形成的共模磁场相互抵消和减小。与图 1 所示差分式电流传感器的区别在于，图 6 所示电流传感器中采用如图 7 所示差分全桥电路、闭环信号调理电路 441 和磁场反馈线圈 451 等结构，形成了闭环磁场负反馈结构，以此构成了闭环磁场式电流传感器。闭环磁场电流传感器具有线性度高、温度特性好、稳定可靠和高精度电流测量的特点。

结合前述分析和图 6&图 7 可知，待测电流输入组件在第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421 位置处抵消后的共模磁场 H_{CM} 为同向，差模磁场 H_{DM} 导致第一磁感应单元 411 位置处向右的磁场大于第二磁感应单元 421 位置处向右的磁场。由于四个磁电阻桥臂 411d1、411d2、421d1 和 421d2 的灵敏度方向都向右，则磁电阻桥臂 411d1 和 411d2 位置处向右的磁场大于磁电阻桥臂 421d1 和 421d2 位置处向右的磁场，因此磁电阻桥臂 411d1 和 411d2 的电阻小于磁电阻桥臂 421d1 和 421d2 的电阻，由此，图 7 中 V_{d2} 电压大于 V_{d1} 电压，形成差分电压信号。

如上所述，闭环信号调理电路 441、磁场反馈线圈 451、第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421 构成闭环磁场反馈。闭环信号调理电路 441 对第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421 的差分电压信号进行调理放大、温度补偿和线性度修正；放大后的差分电压信号通过磁场反馈线圈 451 产生反馈磁场反向抵消差模磁场；达

到磁场动态平衡时，第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421 工作在相等的共模磁场工作点，然后通过取样电阻对磁场反馈线圈 451 的反馈电流取样后形成磁感应模块 41 的输出信号。

可选磁场反馈线圈 451 集成设置于磁感应模块 41 的内部；或者，磁场反馈线圈 451 集成设置于基板 51 的内部。

如图 6 所示，磁场反馈线圈 451、第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421 均设置于磁感应模块 41 的内部。磁场反馈线圈 451 和磁感应单元不集成在一起，两者相对分开设置。

参考图 8 所示，为本发明实施例提供的又一种电流传感器的示意图。如图 8 所示，磁场反馈线圈 451 集成设置于磁感应模块 41 的内部，具体的，磁场反馈线圈 451 集成设置于第一磁感应单元 411 的内部，且磁场反馈线圈 451 还集成设置于第二磁感应单元 421 的内部。

参考图 9 所示，为本发明实施例提供的又一种电流传感器的示意图。如图 9 所示，磁场反馈线圈 451 集成设置于基板 51 的内部。

需要说明的是，磁场反馈线圈 451 所在平面平行于基板 51 所在平面，即磁场反馈线圈 451 所在平面平行于第一磁感应单元 411 和第二磁感应单元 421 所在平面。磁场反馈线圈 451 沿 X-Z 平面进行截面，其截面中线与 Z 方向平行，则截面中线两侧对称分布，该截面中线一侧的电流方向垂直于 X-Z 平面且与待测电流在铜排中的方向相反，该截面中线另一侧的电流方向垂直于 X-Z 平面且与待测电流在铜排中的方向相同。以图 6 为例，可选截面中线左侧的电流方向垂直纸面向外，截面中线右侧的电流方向垂直纸面向内，待测电流在铜排中的方向垂直纸面向内。

关于磁场反馈线圈 451 产生反馈磁场的方向，以前述第一磁感应单元 411 位置处向右磁场大于第二磁感应单元 421 位置处向右磁场的情况为例。为了反向抵消差

模磁场。如图 6 所示电流传感器的截面图中，磁场反馈线圈 451 在第一磁感应单元 411 下方水平排列的导线截面电流方向为垂直纸面向外，磁场反馈线圈 451 在第二磁感应单元 421 下方水平排列的导线截面电流方向为垂直纸面向内。由此磁场反馈线圈 451 在第一磁感应单元 411 位置处产生向左的反馈磁场，磁场反馈线圈 451 在第二磁感应单元 421 位置处产生向右的反馈磁场，以此反向抵消差模磁场，达到磁场动态平衡。

本发明实施例提供的电流传感器，通过第一分流铜排和第二分流铜排对差分铜排进行电流分流，且第一分流铜排和第二分流铜排在磁感应模块位置处产生的磁场方向相反，能够部分或全部抵消，使得电流测量范围可调且能有效增大待测电流范围。解决了磁电阻敏感元件容易饱和的问题，还解决了现有电流传感器中高精度对测量电流范围限制，具备良好的抗外磁场干扰能力、低噪声、线性度好、精度高和稳定性好等优点。

本发明实施例还提供一种电流传感器，该电流传感器与上述任意实施例所述的电流传感器存在区别，具体的，本实施例及以下各实施例提供的电流传感器不包含差分铜排。

参考图 10 所示，为本发明实施例提供的又一种电流传感器的示意图。如图 10 所示，本实施例提供的电流传感器包括：待测电流输入组件，待测电流输入组件包括并联连接的第一分流铜排 12 和第二分流铜排 22；信号输出组件，待测电流输入组件与信号输出组件之间电气隔离，信号输出组件包括磁感应模块 42 与基板 52，磁感应模块 42 固定于基板 52 上；待测电流从垂直于第一分流铜排 12 和第二分流铜排 22 的横截面流过，并在磁感应模块 42 位置处产生磁场；磁感应模块 42 至少包括第一磁感应单元 412 和第二磁感应单元 422，第一磁感应单元 412 位于第一分流铜

排 12 和第二分流铜排 22 之间，第一磁感应单元 412 和第二磁感应单元 422 位于同一水平面上，且该水平面与基板 52 所在平面平行，沿垂直于基板 52 所在平面的方向 Z 上，第一分流铜排 12 和第二分流铜排 22 在基板 52 所在平面的竖直投影重合区域与第二磁感应单元 422 不交叠；第一磁感应单元 412 和第二磁感应单元 422 以差分方式感应待测电流输入组件产生的磁场并产生差分电压信号，该差分电压信号形成电流传感器的输出信号。

本实施例中，第一分流铜排 12 和第二分流铜排 22 的横截面为 X-Z 平面，待测电流沿垂直于 X-Z 平面的方向流过铜排，并产生磁场。即待测电流的电流方向垂直于 X-Z 平面，具体的电流方向均为垂直纸面向内。

磁感应模块 42 内至少包括第一磁感应单元 412 和第二磁感应单元 422。第一磁感应单元 412 和第二磁感应单元 422 位于同一水平面上，且该水平面与基板 52 所在平面平行，具体的，第一磁感应单元 412 和第二磁感应单元 422 位于基板 52 的上方。

第一磁感应单元 412 位于第一分流铜排 12 和第二分流铜排 22 之间，即沿 Z 方向上，第一分流铜排 12 和第二分流铜排 22 的竖直投影重合范围覆盖第一磁感应单元 412。而沿 Z 方向上，第一分流铜排 12 和第二分流铜排 22 的竖直投影重合范围与第二磁感应单元 422 不交叠，即第二磁感应单元 422 位于第一分流铜排 12 和第二分流铜排 22 的竖直投影重合范围之外。

第一磁感应单元 412 和第二磁感应单元 422 以差分方式感应待测电流流过待测电流输入组件时产生的磁场并产生差分电压信号，此时磁感应模块 42 输出的差分电压信号形成为电流传感器的输出信号。

可选电流传感器还包括：外壳 62，待测电流输入组件和信号输出组件均固定设置在外壳 62 内。其中外壳 62 为机械支架外壳。需要说明的是，外壳 62 还支撑第二磁感应单元 422，磁感应模块 42 采用开环信号调理电路 432。

可选第一磁感应单元 412 的灵敏度方向和第二磁感应单元 422 的灵敏度方向相同。如图 10 所示，磁感应单元的灵敏度方向向右 X 方向。第一分流铜排 12 在第一磁感应单元 412 位置处产生向左的磁场，第二分流铜排 22 在第一磁感应单元 412 位置处产生向右的磁场，两者能够相互抵消和减小。待测电流输入组件在第二磁感应单元 422 位置处产生的磁场由第二磁感应单元 422 和待测电流输入组件的相对位置决定，在图 10 所示电流传感器的结构下，待测电流输入组件在第二磁感应单元 422 位置处产生的磁场可近似为零磁场。

本实施例中，第一分流铜排 12 和第二分流铜排 22 对待测电流进行分流，并在第一磁感应单元 412 处产生相反的磁场，两者能够相互抵消和减小；通过调整待测电流输入组件的位置和结构，可使第一分流铜排 12 和第二分流铜排 22 在第二磁感应单元 422 处产生零磁场。因此达到调整电流测量范围的效果，有效解决了大电流测量中磁电阻敏感元件容易饱和的问题，该电流传感器还具有构造简单、体积小、输入输出电气隔离、可测直流交流大电流、测量范围可调、成本低的特点。

本发明实施例还提供一种电流传感器，该电流传感器与上述任意实施例的电流传感器存在区别，具体的，本实施例提供的电流传感器仅采用一块分流铜排。

参考图 11 所示，为本发明实施例提供的又一种电流传感器的示意图。如图 11 所示，本实施例提供的电流传感器包括：待测电流输入组件，待测电流输入组件包括分流铜排 13 和差分铜排 33，分流铜排 13 和差分铜排 33 沿同一方向设置；信号输出组件，待测电流输入组件与信号输出组件之间电气隔离，信号输出组件包括磁感应模块 43 与基板 53，磁感应模块 43 固定于基板 53 上；待测电流从垂直于分流铜排 13 和差分铜排 33 的横截面流过，并在磁感应模块 43 位置处产生磁场；磁感应模块 43 至少包括第一磁感应单元 413 和第二磁感应单元 423，第一磁感应单元 413

和第二磁感应单元 423 位于同一水平面上，且该水平面与基板 53 所在平面平行；分流铜排 13 位于差分铜排 33 下方或磁感应模块 43 上方；沿垂直于基板 53 所在平面的方向上，差分铜排 33 在基板 53 所在平面的竖直投影覆盖第一磁感应单元 413，且与第二磁感应单元 423 不交叠；分流铜排 13 在基板 53 所在平面的竖直投影覆盖第一磁感应单元 413 和第二磁感应单元 423，第一磁感应单元 413 和第二磁感应单元 423 以差分方式感应待测电流输入组件产生的磁场并产生差分电压信号，该差分电压信号形成电流传感器的输出信号。

本实施例中，分流铜排 13 和差分铜排 33 的横截面为 X-Z 平面，待测电流沿垂直于 X-Z 平面的方向流过铜排，并产生磁场。即待测电流的电流方向垂直于 X-Z 平面，具体的电流方向均为垂直纸面向内。

磁感应模块 43 内至少包括第一磁感应单元 413 和第二磁感应单元 423。第一磁感应单元 413 和第二磁感应单元 423 位于同一水平面上，且该水平面与基板 53 所在平面平行，具体的，第一磁感应单元 413 和第二磁感应单元 423 位于基板 53 的上方。

本实施例中，选取分流铜排 13 位于差分铜排 33 下方，分流铜排 13 在基板 53 所在平面的竖直投影 Z 方向上覆盖第一磁感应单元 413 和第二磁感应单元 423；差分铜排 33 放置于基板 53 内部临近第一磁感应单元 413 一侧，其竖直投影覆盖第一磁感应单元 413 且与第二磁感应单元 423 不交叠。

第一磁感应单元 413 和第二磁感应单元 423 以差分方式感应待测电流流过待测电流输入组件时产生的磁场并产生差分电压信号，此时磁感应模块 43 输出的差分电压信号形成为电流传感器的输出信号。

可选电流传感器还包括：外壳 63，待测电流输入组件和信号输出组件均固定设置在外壳 63 内。其中外壳 63 为机械支架外壳。磁感应模块 43 采用开环信号调理电路 433。可选第一磁感应单元 413 的灵敏度方向和第二磁感应单元 423 的灵敏度方

向相同，如图 11 所示为向右 X 方向。通过控制分流铜排 13 和差分铜排 33 的电阻与串并联关系能够使大部分电流从分流铜排 13 流过，从而调整和扩大电流传感器的测量范围。另外，还可以采用分流铜排 13 和差分铜排 33 电流方向相反的连接方式，在磁感应模块 43 处产生相反的磁场。此外，也可以选取分流铜排 13 位于磁感应模块 43 上方，该情况下分流铜排 13 和差分铜排 33 同样能够在磁感应模块 43 处产生相反的磁场。

本实施例为前述实施例的简化版本，其结构更为简单，体积更小，进一步降低成本。通过调整待测电流输入组件的位置和结构，能够调整和扩大电流传感器的测量范围。输入输出电气隔离、可测直流交流大电流、测量范围可调、成本低的特点。

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：

待测电流输入组件，所述待测电流输入组件包括第一分流铜排、第二分流铜排以及设置在所述第一分流铜排和所述第二分流铜排之间的差分铜排，所述第一分流铜排、所述第二分流铜排和所述差分铜排沿同一方向设置；

信号输出组件，所述信号输出组件与所述待测电流输入组件之间电气隔离，所述信号输出组件包括磁感应模块与基板，所述磁感应模块固定于所述基板上；

待测电流从垂直于所述第一分流铜排、所述第二分流铜排和所述差分铜排的横截面流过，并在所述磁感应模块位置处产生磁场；

所述磁感应模块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位于所述差分铜排与所述第一分流铜排之间，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待测电流输入组件产生的差模磁场，并产生差分电压信号以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，所述第一磁感应单元和所述第二磁感应单元位于同一水平面上，且该水平面与所述基板所在平面平行；

沿垂直于所述基板所在平面的方向上，所述差分铜排在所述基板所在平面的竖直投影覆盖所述第一磁感应单元，且与所述第二磁感应单元不交叠；

沿垂直于所述基板所在平面的方向上，所述第一分流铜排在所述基板所在平面的竖直投影覆盖所述第一磁感应单元和所述第二磁感应单元，且所述第二分流铜排在所述基板所在平面的竖直投影覆盖所述第一磁感应单元和所述第二磁感应单元。

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的灵敏度方向、所述第二磁感应单元的灵敏度方向与所述待测电流通过所述差分铜排在所述第一磁感应单元位置处产生的磁场方向相同或相反。

4、根据权利要求1所述的电流传感器，其特征在于，还包括：外壳，所述待测电流输入组件和所述信号输出组件均固定设置在所述外壳内。

5、根据权利要求1所述的电流传感器，其特征在于，所述差分铜排设置在所述基板的内部。

6、根据权利要求1所述的电流传感器，其特征在于，所述第一磁感应单元至少包括一个磁电阻桥臂，所述第二磁感应单元至少包括一个磁电阻桥臂；

所述第一磁感应单元的磁电阻桥臂和所述第二磁感应单元的磁电阻桥臂电气连接成差分半桥结构或者差分全桥结构；

其中，各所述磁电阻桥臂的灵敏度方向相同，且所述磁电阻桥臂由至少一个磁电阻敏感元件串并联构成。

7、根据权利要求1所述的电流传感器，其特征在于，还包括：开环信号调理电路，所述开环信号调理电路对所述差分电压信号进行调理放大、温度补偿和线性度修正；或者

还包括：闭环信号调理电路和磁场反馈线圈，所述闭环信号调理电路、所述磁场反馈线圈、所述第一磁感应单元和所述第二磁感应单元构成闭环磁场反馈结构；

所述差分电压信号经所述闭环信号调理电路放大后，通过所述磁场反馈线圈产生反馈磁场以反向抵消所述差模磁场，达到磁场动态平衡时所述第一磁感应单元和所述第二磁感应单元工作在相等的共模磁场工作点，再对所述磁场反馈线圈的反馈电流进行取样后形成所述磁感应模块的输出信号。

8、根据权利要求7所述的电流传感器，其特征在于，所述磁场反馈线圈集成设置于所述磁感应模块的内部；或者，

所述磁场反馈线圈集成设置于所述基板的内部。

9、根据权利要求1所述的电流传感器，其特征在于，所述第一磁感应单元包含

一个第一半桥或第一全桥，所述第二磁感应单元包含一个第二半桥或第二全桥；

所述第一磁感应单元的电桥和所述第二磁感应单元的电桥之间的输出电压差产生所述差分电压信号。

10、根据权利要求9所述的电流传感器，其特征在于，所述第一半桥包含灵敏度方向相反的两个磁电阻桥臂，所述第二半桥包含灵敏度方向相反的两个磁电阻桥臂；或者，

所述第一全桥包含四个磁电阻桥臂且电气连接的相邻两个磁电阻桥臂的灵敏度方向相反，所述第二全桥包含四个磁电阻桥臂且电气连接的相邻两个磁电阻桥臂的灵敏度方向相反；

其中，所述磁电阻桥臂由一个磁电阻敏感元件构成或者由一个以上磁电阻敏感元件通过串并联连接构成。

11、一种电流传感器，其特征在于，包括：

待测电流输入组件，所述待测电流输入组件包括并联连接的第一分流铜排和第二分流铜排；

信号输出组件，所述待测电流输入组件与所述信号输出组件之间电气隔离，所述信号输出组件包括磁感应模块与基板，所述磁感应模块固定于所述基板上；

待测电流从垂直于所述第一分流铜排和所述第二分流铜排的横截面流过，并在所述磁感应模块位置处产生磁场；

所述磁感应模块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位于所述第一分流铜排和所述第二分流铜排之间，所述第一磁感应单元和所述第二磁感应单元位于同一水平面上，且该水平面与所述基板所在平面平行，沿垂直于所述基板所在平面的方向上，所述第一分流铜排和所述第二分流铜排在所述基板所在平面的竖直投影重合区域与所述第二磁感应单元不交叠；

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待测电流输入组件产生的磁场并产生差分电压信号，该差分电压信号形成所述电流传感器的输出信号。

12、一种电流传感器，其特征在于，包括：

待测电流输入组件，所述待测电流输入组件包括分流铜排和差分铜排，所述分流铜排和所述差分铜排沿同一方向设置；

信号输出组件，所述待测电流输入组件与所述信号输出组件之间电气隔离，所述信号输出组件包括磁感应模块与基板，所述磁感应模块固定于所述基板上；

待测电流从垂直于所述分流铜排和所述差分铜排的横截面流过，并在所述磁感应模块位置处产生磁场；

所述磁感应模块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位于同一水平面上，且该水平面与所述基板所在平面平行；

所述分流铜排位于所述差分铜排下方或所述磁感应模块上方；沿垂直于所述基板所在平面的方向上，所述差分铜排在所述基板所在平面的竖直投影覆盖所述第一磁感应单元，且与所述第二磁感应单元不交叠；所述分流铜排在所述基板所在平面的竖直投影覆盖所述第一磁感应单元和所述第二磁感应单元，

所述第一磁感应单元和所述第二磁感应单元以差分方式感应所述待测电流输入组件产生的磁场并产生差分电压信号，该差分电压信号形成所述电流传感器的输出信号。

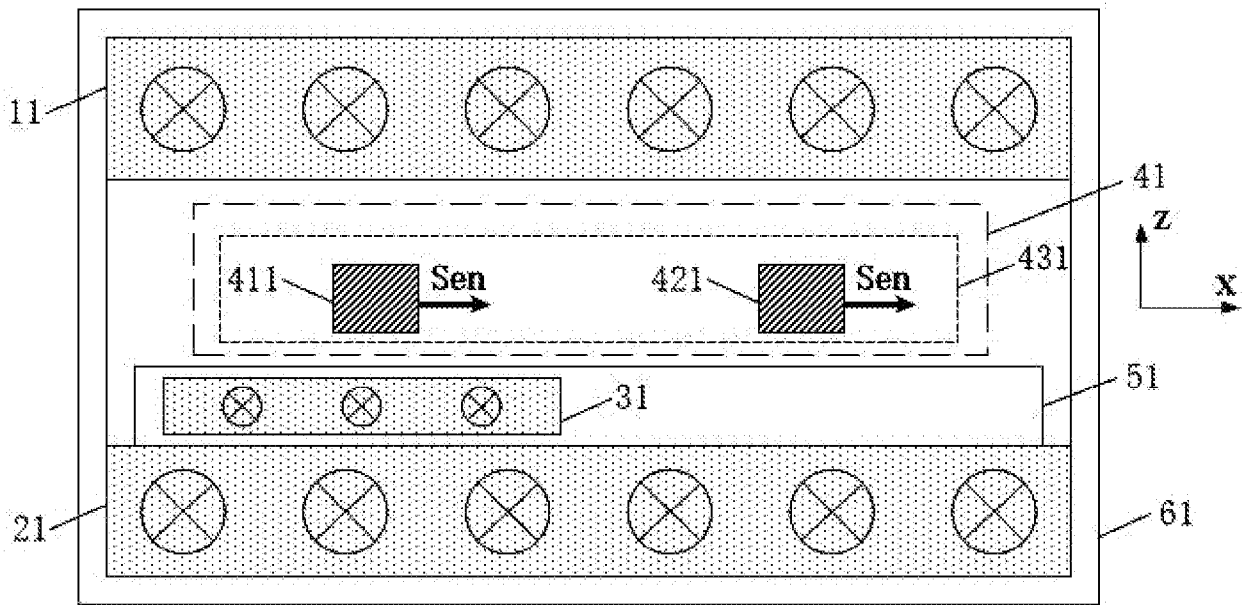


图 1

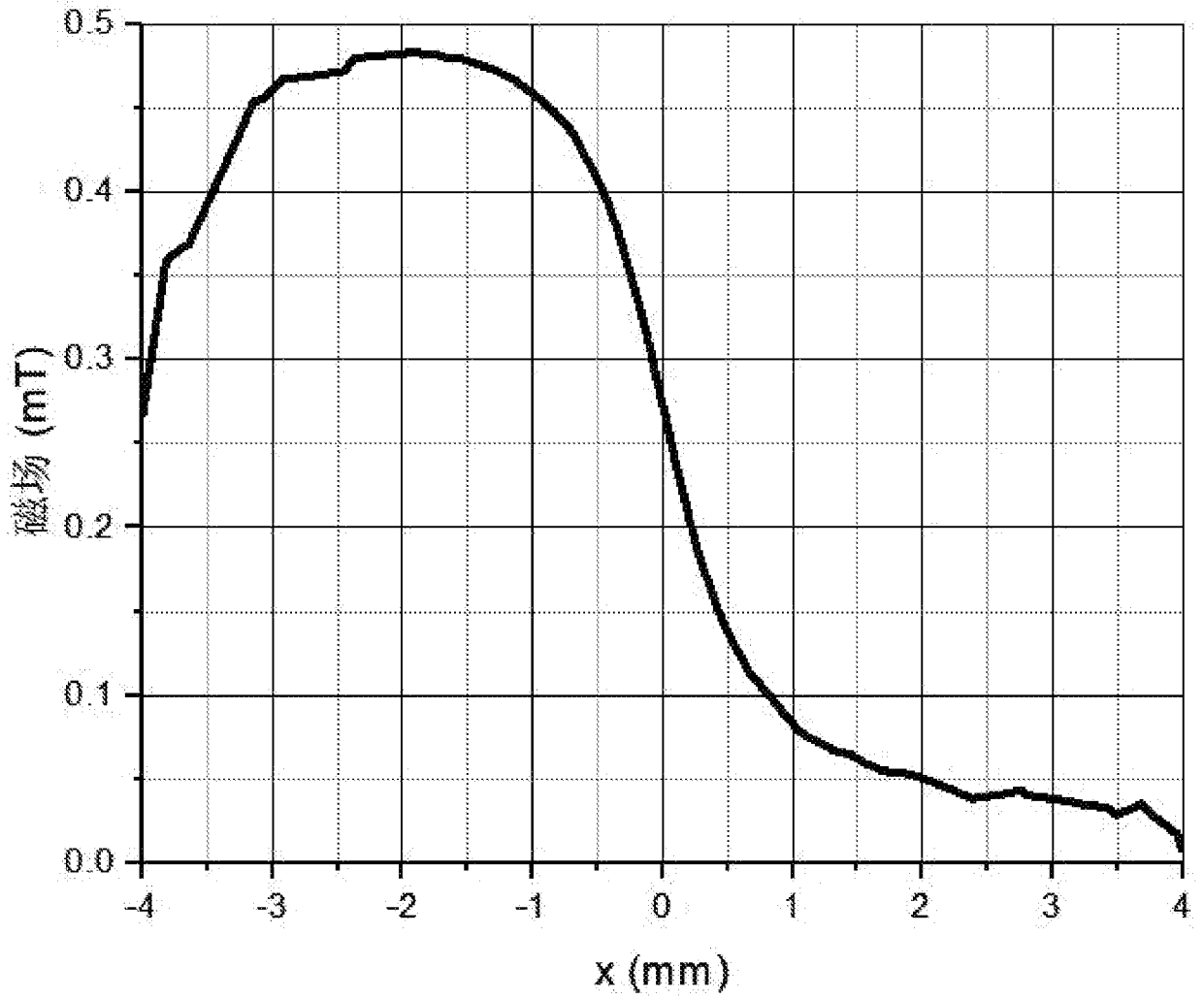


图 2

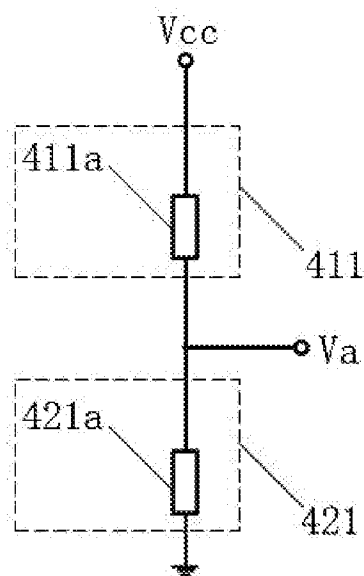


图 3

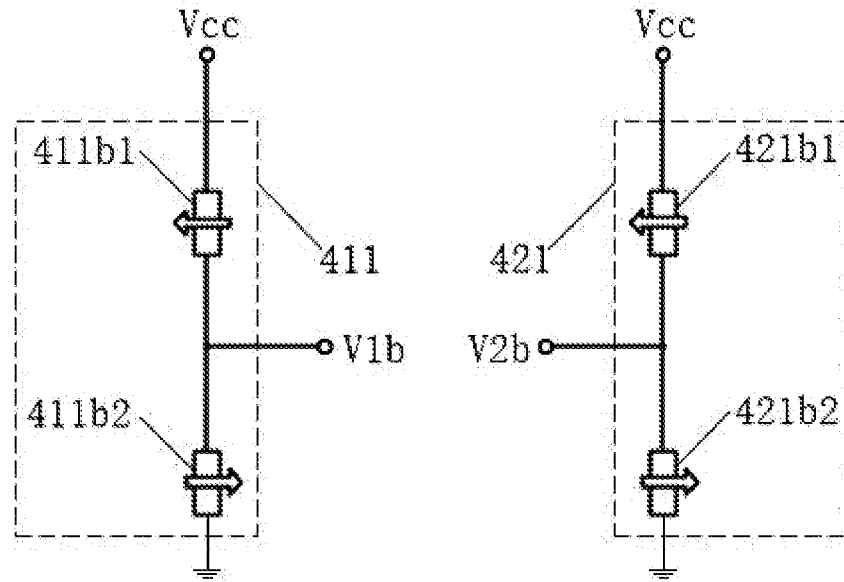


图 4

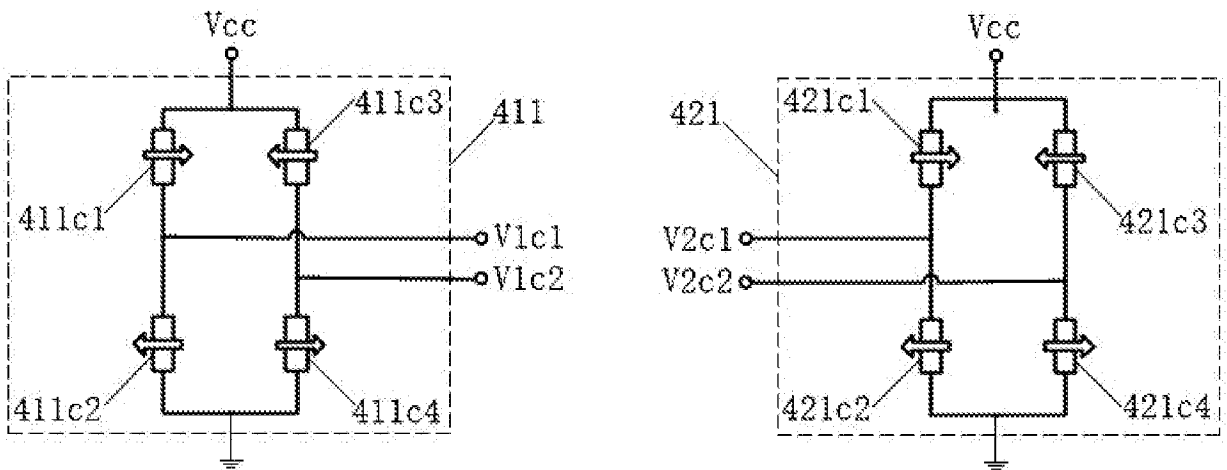


图 5

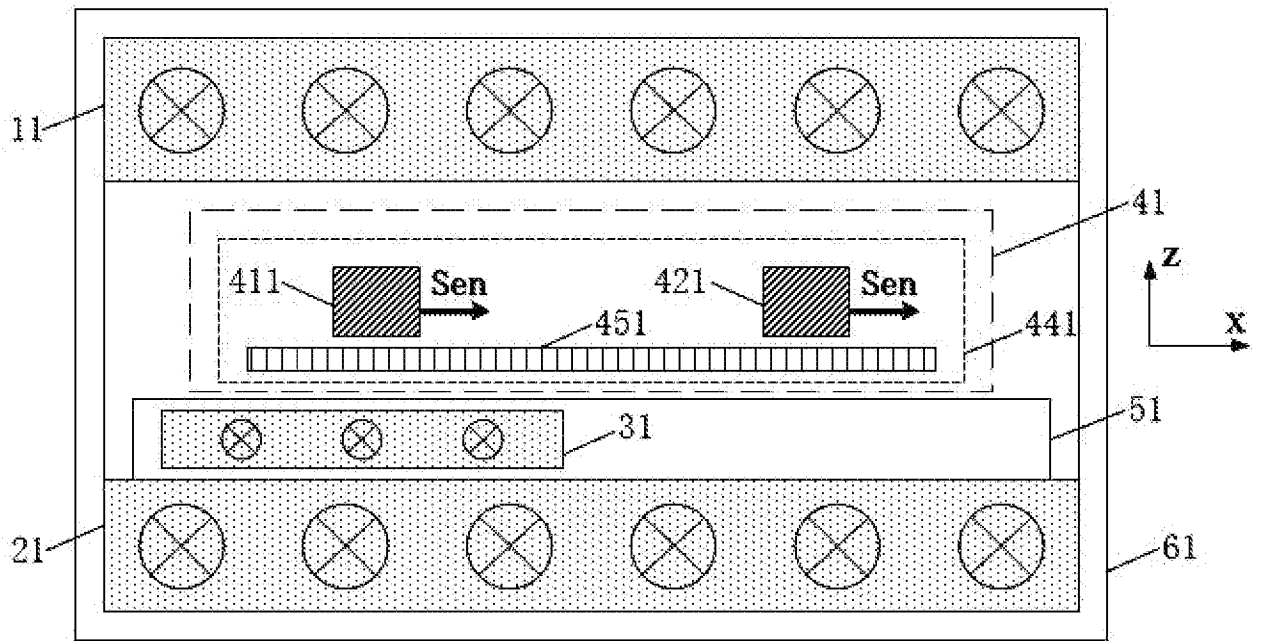


图 6

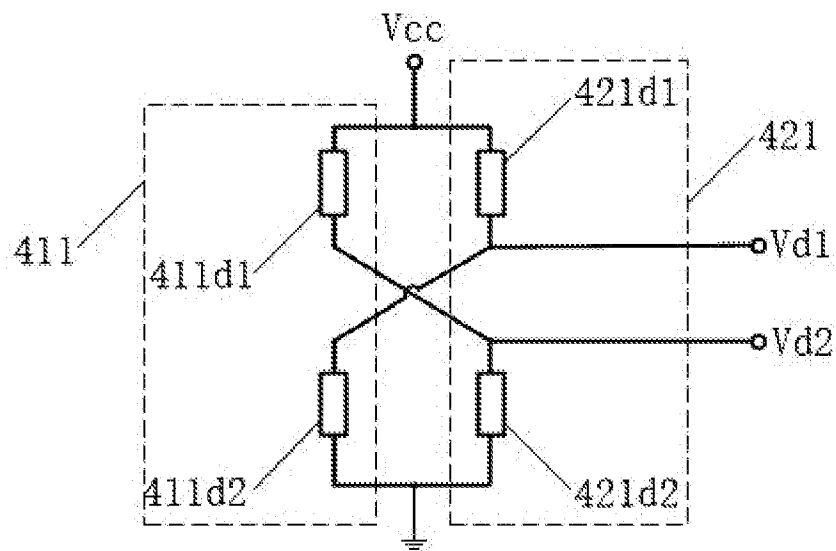


图 7

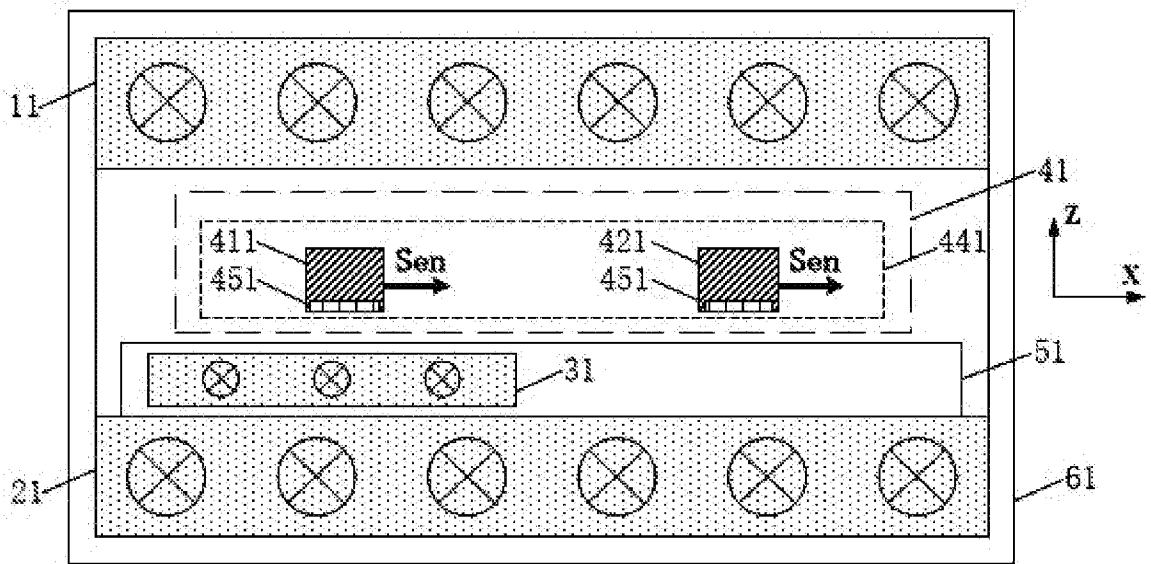


图 8

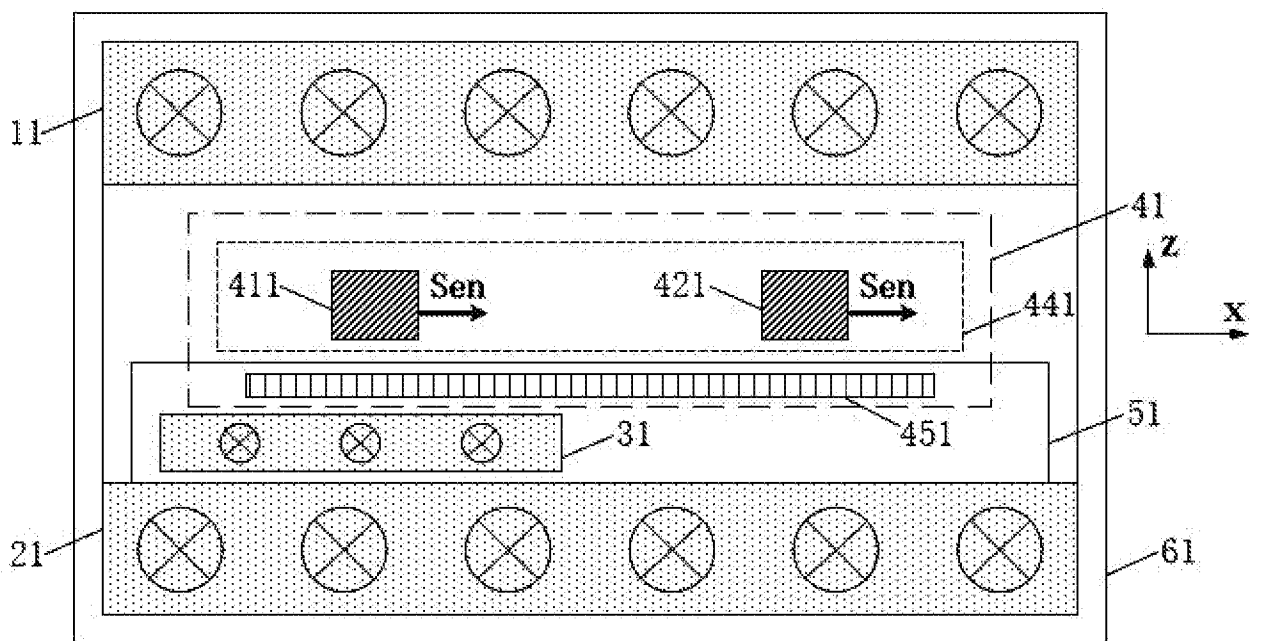


图 9

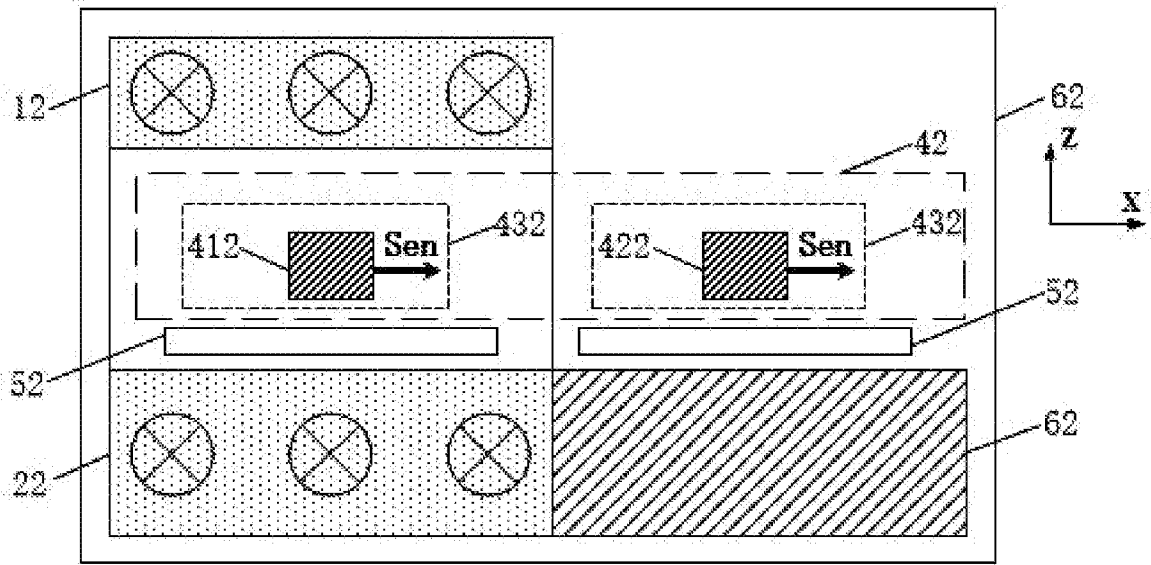


图 10

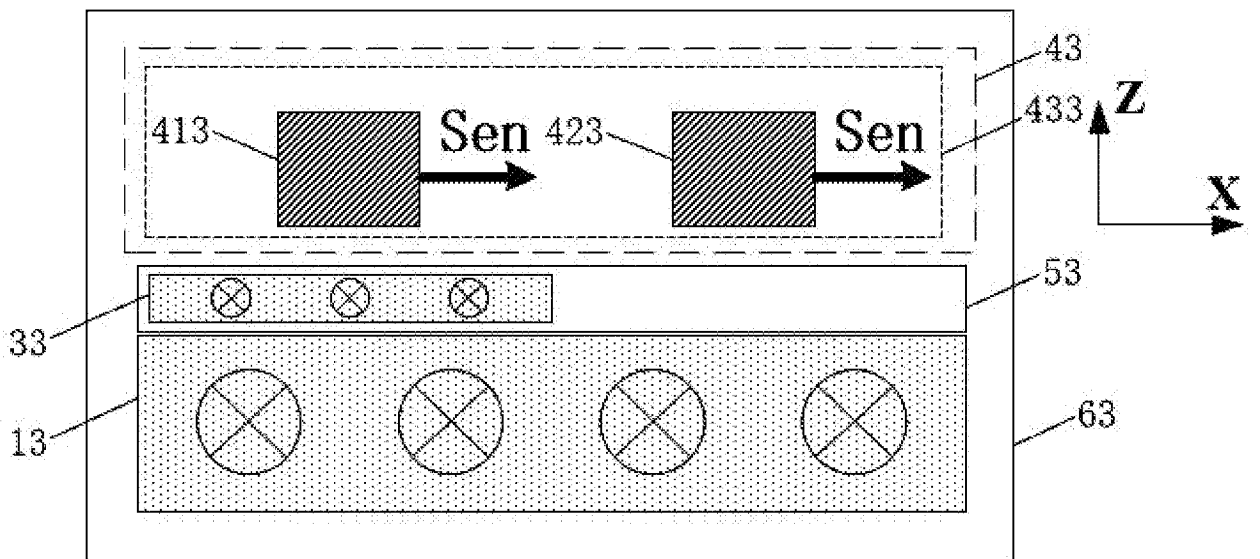


图 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/132433

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
G01R19/00(2006.01)i;G01R15/20(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; G01D		
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) CNABS, CNTXT, CNKI, ENTXTC, VEN, IEEE, WEB OF SCIENCE: 电流, 铜排, 导体, 导电构件, 磁, 磁阻, 磁电阻, 差分, 差模, 差, 分流, CURRENT, COPPER BAR, CONDUCTOR, MAGNET, DIFFERENCE, DIFFERENTIAL, SHUNT		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 114217114 A (JIANGSU MULTIDIMENSION TECHNOLOGY CO., LTD.) 22 March 2022 (2022-03-22) claims 1-12	1-12
A	CN 209446649 U (WUXI LERTECH CO., LTD.) 27 September 2019 (2019-09-27) description, paragraphs 0047-0060, and figures 4A-4D	1-12
A	CN 103080755 A (ALPS GREEN DEVICES CO., LTD.) 01 May 2013 (2013-05-01) entire document	1-12
A	CN 111693751 A (WUXI LERTECH CO., LTD.) 22 September 2020 (2020-09-22) entire document	1-12
A	CN 113203885 A (TDK CORP.) 03 August 2021 (2021-08-03) entire document	1-12
A	CN 206311652 U (JIANGSU MULTIDIMENSION TECHNOLOGY CO., LTD.) 07 July 2017 (2017-07-07) entire document	1-12
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 10 February 2023		Date of mailing of the international search report 15 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		Authorized officer
Facsimile No. (86-10)62019451		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/132433

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2012062224 A1 (IDE YOSUKE et al.) 15 March 2012 (2012-03-15) entire document	1-12
A	US 2018143226 A1 (HITACHI METALS LTD.) 24 May 2018 (2018-05-24) entire document	1-12
A	US 2019219616 A1 (ALLEGRO MICROSYSTEMS LLC.) 18 July 2019 (2019-07-18) entire document	1-12
A	WO 2015133621 A1 (HITACHI METALS LTD.) 11 September 2015 (2015-09-11) entire document	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2022/132433

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	114217114	A	22 March 2022	None			
CN	209446649	U	27 September 2019	None			
CN	103080755	A	01 May 2013	WO	2012029438	A1	08 March 2012
				US	2013154631	A1	20 June 2013
				US	8952687	B2	10 February 2015
				JPWO	2012029438	A1	28 October 2013
				JP	5531215	B2	25 June 2014
CN	111693751	A	22 September 2020	None			
CN	113203885	A	03 August 2021	JP	2021124289	A	30 August 2021
				JP	7140149	B2	21 September 2022
				US	2022317210	A1	06 October 2022
				DE	102021101952	A1	05 August 2021
				US	2021239774	A1	05 August 2021
				US	11397225	B2	26 July 2022
CN	206311652	U	07 July 2017	None			
US	2012062224	A1	15 March 2012	EP	2442118	A1	18 April 2012
				EP	2442118	A4	21 June 2017
				EP	2442118	B1	10 November 2021
				JPWO	2010143718	A1	29 November 2012
				JP	5250109	B2	31 July 2013
				WO	2010143718	A1	16 December 2010
				US	8754642	B2	17 June 2014
US	2018143226	A1	24 May 2018	JP	2018072299	A	10 May 2018
				JP	6897063	B2	30 June 2021
				US	10416200	B2	17 September 2019
				DE	102017125804	A1	09 May 2018
US	2019219616	A1	18 July 2019	US	10509058	B2	17 December 2019
				US	2020018780	A1	16 January 2020
				US	11085952	B2	10 August 2021
WO	2015133621	A1	11 September 2015	JPWO	2015133621	A1	06 April 2017
				JP	6477684	B2	06 March 2019

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2022/132433

<p>A. 主题的分类</p> <p>G01R19/00(2006.01)i;G01R15/20(2006.01)i</p> <p>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</p>																										
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>G01R; G01D</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>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))</p> <p>CNABS, CNTXT, CNKI, ENTXT, VEN, IEEE, WEB OF SCIENCE: 电流, 铜排, 导体, 导电构件, 磁, 磁阻, 磁电阻, 差分, 差模, 差, 分流, CURRENT, COPPER BAR, CONDUCTOR, MAGNET, DIFFERENCE, DIFFERENTIAL, SHUNT</p>																										
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 114217114 A (江苏多维科技有限公司) 2022年3月22日 (2022 - 03 - 22) 权利要求1-12</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 209446649 U (无锡乐尔科技有限公司) 2019年9月27日 (2019 - 09 - 27) 说明书第0047-0060段, 图4A-4D</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103080755 A (阿尔卑斯绿色器件株式会社) 2013年5月1日 (2013 - 05 - 01) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 111693751 A (无锡乐尔科技有限公司) 2020年9月22日 (2020 - 09 - 22) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 113203885 A (TDK株式会社) 2021年8月3日 (2021 - 08 - 03) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 206311652 U (江苏多维科技有限公司) 2017年7月7日 (2017 - 07 - 07) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2012062224 A1 (IDE YOSUKE等) 2012年3月15日 (2012 - 03 - 15) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p> <p>* 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</p>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 114217114 A (江苏多维科技有限公司) 2022年3月22日 (2022 - 03 - 22) 权利要求1-12	1-12	A	CN 209446649 U (无锡乐尔科技有限公司) 2019年9月27日 (2019 - 09 - 27) 说明书第0047-0060段, 图4A-4D	1-12	A	CN 103080755 A (阿尔卑斯绿色器件株式会社) 2013年5月1日 (2013 - 05 - 01) 全文	1-12	A	CN 111693751 A (无锡乐尔科技有限公司) 2020年9月22日 (2020 - 09 - 22) 全文	1-12	A	CN 113203885 A (TDK株式会社) 2021年8月3日 (2021 - 08 - 03) 全文	1-12	A	CN 206311652 U (江苏多维科技有限公司) 2017年7月7日 (2017 - 07 - 07) 全文	1-12	A	US 2012062224 A1 (IDE YOSUKE等) 2012年3月15日 (2012 - 03 - 15) 全文	1-12
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
PX	CN 114217114 A (江苏多维科技有限公司) 2022年3月22日 (2022 - 03 - 22) 权利要求1-12	1-12																								
A	CN 209446649 U (无锡乐尔科技有限公司) 2019年9月27日 (2019 - 09 - 27) 说明书第0047-0060段, 图4A-4D	1-12																								
A	CN 103080755 A (阿尔卑斯绿色器件株式会社) 2013年5月1日 (2013 - 05 - 01) 全文	1-12																								
A	CN 111693751 A (无锡乐尔科技有限公司) 2020年9月22日 (2020 - 09 - 22) 全文	1-12																								
A	CN 113203885 A (TDK株式会社) 2021年8月3日 (2021 - 08 - 03) 全文	1-12																								
A	CN 206311652 U (江苏多维科技有限公司) 2017年7月7日 (2017 - 07 - 07) 全文	1-12																								
A	US 2012062224 A1 (IDE YOSUKE等) 2012年3月15日 (2012 - 03 - 15) 全文	1-12																								
国际检索实际完成的日期	2023年2月10日	国际检索报告邮寄日期	2023年2月15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	苏爱华 电话号码 (+86) 010-62085740																							

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
A	US 2018143226 A1 (HITACHI METALS LTD.) 2018年5月24日 (2018 - 05 - 24) 全文	1-12
A	US 2019219616 A1 (ALLEGRO MICROSYSTEMS LLC.) 2019年7月18日 (2019 - 07 - 18) 全文	1-12
A	WO 2015133621 A1 (HITACHI METALS LTD.) 2015年9月11日 (2015 - 09 - 11) 全文	1-12

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/132433

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	114217114	A	2022年3月22日	无			
CN	209446649	U	2019年9月27日	无			
CN	103080755	A	2013年5月1日	WO	2012029438	A1	2012年3月8日
				US	2013154631	A1	2013年6月20日
				US	8952687	B2	2015年2月10日
				JPWO	2012029438	A1	2013年10月28日
				JP	5531215	B2	2014年6月25日
CN	111693751	A	2020年9月22日	无			
CN	113203885	A	2021年8月3日	JP	2021124289	A	2021年8月30日
				JP	7140149	B2	2022年9月21日
				US	2022317210	A1	2022年10月6日
				DE	102021101952	A1	2021年8月5日
				US	2021239774	A1	2021年8月5日
				US	11397225	B2	2022年7月26日
CN	206311652	U	2017年7月7日	无			
US	2012062224	A1	2012年3月15日	EP	2442118	A1	2012年4月18日
				EP	2442118	A4	2017年6月21日
				EP	2442118	B1	2021年11月10日
				JPWO	2010143718	A1	2012年11月29日
				JP	5250109	B2	2013年7月31日
				WO	2010143718	A1	2010年12月16日
				US	8754642	B2	2014年6月17日
US	2018143226	A1	2018年5月24日	JP	2018072299	A	2018年5月10日
				JP	6897063	B2	2021年6月30日
				US	10416200	B2	2019年9月17日
				DE	102017125804	A1	2018年5月9日
US	2019219616	A1	2019年7月18日	US	10509058	B2	2019年12月17日
				US	2020018780	A1	2020年1月16日
				US	11085952	B2	2021年8月10日
WO	2015133621	A1	2015年9月11日	JPWO	2015133621	A1	2017年4月6日
				JP	6477684	B2	2019年3月6日