



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115902345 B

(45) 授权公告日 2024. 07. 02

(21) 申请号 202211270468.3

(22) 申请日 2022.10.18

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 115902345 A

(43) 申请公布日 2023.04.04

(73) 专利权人 苏州纳芯微电子股份有限公司
地址 215000 江苏省苏州市工业园区金鸡湖大道88号人工智能产业园C1-501

(72) 发明人 袁辅德 王立 赵鹏

(74) 专利代理机构 苏州威世朋知识产权代理事务所(普通合伙) 32235

专利代理师 沈晓敏

(51) Int. Cl.

G01R 19/00 (2006.01)

G01R 15/20 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 109564248 A, 2019.04.02

CN 108169534 A, 2018.06.15

CN 102866279 A, 2013.01.09

CN 107533089 A, 2018.01.02

US 2016252589 A1, 2016.09.01

审查员 王子浩

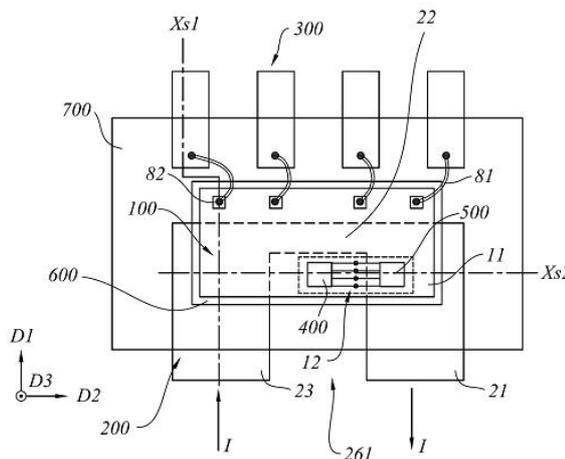
权利要求书3页 说明书23页 附图12页

(54) 发明名称

电流检测模块、用电设备及电流检测方法

(57) 摘要

本发明揭示了一种电流检测模块、用电设备及电流检测方法,模块包括:磁场检测模块、导电体,以及至少两条引线端子;磁场检测模块包括基板、第一检测部和第二检测部,基板包括靠近导电体的第一基板表面,以及背离第一基板表面且设置有第一检测部和第二检测部的第二基板表面;第一检测部与第二检测部连接并形成输出节点,引线端子连接至输出节点;导电体配置为,当通入待测电流时,在第一检测部和第二检测部上分别产生第一磁场信号和第二磁场信号;磁场检测模块配置为,对应于第一磁场信号和第二磁场信号产生并输出电流检测信号,且对应于其他外部磁场信号不输出电流检测信号。本发明提供的模块,能够提高检测速度和精度,提高集成度并降低成本。



1. 一种电流检测模块,其特征在于,包括:磁场检测模块、导体,以及至少两条引线端子;

所述磁场检测模块包括基板、第一检测部和第二检测部,所述基板包括靠近所述导体的第一基板表面,以及背离所述第一基板表面且设置有所述第一检测部和所述第二检测部的第二基板表面;所述第一检测部与所述第二检测部连接并形成输出节点,所述引线端子连接至所述输出节点;

所述导体配置为,当通入待测电流时,在所述第一检测部和所述第二检测部上分别产生第一磁场信号和第二磁场信号;所述磁场检测模块配置为,对应于所述第一磁场信号和所述第二磁场信号产生并输出电流检测信号,且对应于其他外部磁场信号不输出所述电流检测信号;

所述第一磁场信号的方向和第二磁场信号的方向互成夹角设置;所述导体包括第一导体表面,所述第二检测部中至少部分靠近所述第一导体表面设置;所述第二磁场信号整体以第二方向或其反方向为磁场方向;

所述第一检测部沿第三方向向第一导体平面形成的第一检测投影与所述第一导体表面不重叠;其中,所述第一导体表面位于所述第一导体平面中,所述第三方向垂直于所述第一导体平面,所述第一磁场信号整体以第三方向或其反方向为磁场方向,所述第二方向与所述第三方向垂直。

2. 根据权利要求1所述的电流检测模块,其特征在于,所述待测电流在所述导体中沿预设的导电方向流动,所述第二检测部中靠近所述第一导体表面设置的部分处沿所述导电方向延伸的中轴线,以及所述第一导体表面处沿所述导电方向延伸的中轴线均位于第二导体平面内;所述第二导体平面垂直于所述第一导体平面。

3. 根据权利要求1所述的电流检测模块,其特征在于,所述导体包括第一电磁感应段、第二电磁感应段和第三电磁感应段;

所述第一电磁感应段、所述第二电磁感应段和所述第三电磁感应段连接并围设形成一沿所述第三方向贯通的第一电磁感应区,所述第一检测部至少部分设置于所述第一电磁感应区内。

4. 根据权利要求3所述的电流检测模块,其特征在于,所述第二电磁感应段、所述第一电磁感应段和所述第三电磁感应段依次连接,所述第二电磁感应段和所述第三电磁感应段均沿第一方向延伸,所述第一电磁感应段沿第二方向延伸,所述第三方向同时垂直于所述第一方向和所述第二方向。

5. 根据权利要求3所述的电流检测模块,其特征在于,所述第一电磁感应段、所述第二电磁感应段和所述第三电磁感应段依次连接,所述第一电磁感应段和所述第三电磁感应段均沿第一方向延伸,所述第二电磁感应段沿第二方向延伸,所述第三方向同时垂直于所述第一方向和所述第二方向。

6. 根据权利要求5所述的电流检测模块,其特征在于,所述第一检测部包括第一检测元件和第二检测元件,所述第二检测部包括第三检测元件和第四检测元件;所述第一检测元件设置于所述第一电磁感应区内,所述第二检测元件靠近所述第一导体表面设置;所述第三检测元件设置于所述第一电磁感应区内,所述第四检测元件靠近所述第一导体表面设置。

7. 根据权利要求1所述的电流检测模块,其特征在于,所述磁场检测模块包括霍尔元件和/或磁阻元件。

8. 根据权利要求7所述的电流检测模块,其特征在于,所述第一检测部包括相互并联的第一检测元件和第二检测元件,所述第一检测元件和所述第二检测元件配置为霍尔元件;

所述第一检测元件包括第一霍尔节点组,所述第二检测元件包括第二霍尔节点组;所述第一霍尔节点组中的电荷偏转节点与所述第二霍尔节点组中的电荷偏转节点连接,所述第一霍尔节点组中的电荷排斥节点与所述第二霍尔节点组中的电荷排斥节点连接。

9. 根据权利要求8所述的电流检测模块,其特征在于,所述第一检测部还包括与所述第一检测元件和所述第二检测元件分别并联的第五检测元件和第六检测元件,所述第五检测元件和所述第六检测元件配置为霍尔元件;

所述第五检测元件包括第五霍尔节点组,所述第六检测元件包括第六霍尔节点组;所述第一霍尔节点组、所述第二霍尔节点组、所述第五霍尔节点组和所述第六霍尔节点组中的电荷偏转节点相互连接,所述第一霍尔节点组、所述第二霍尔节点组、所述第五霍尔节点组和所述第六霍尔节点组中的电荷排斥节点相互连接。

10. 根据权利要求7所述的电流检测模块,其特征在于,所述第一检测部包括相互串联的第一检测元件和第二检测元件,所述第二检测部包括相互串联的第三检测元件和第四检测元件;所述第一检测元件和所述第二检测元件之间形成第一输出节点,所述第三检测元件和所述第四检测元件之间形成第二输出节点;所述第一检测元件、所述第二检测元件、所述第三检测元件和所述第四检测元件配置为磁阻元件。

11. 根据权利要求1所述的电流检测模块,其特征在于,所述第一检测部和所述第二检测部的内部结构相同。

12. 根据权利要求1所述的电流检测模块,其特征在于,所述第一检测部包括第一电荷偏转节点和第一电荷排斥节点,所述第二检测部包括第二电荷偏转节点和第二电荷排斥节点;所述第一电荷偏转节点与所述第二电荷排斥节点连接形成第一输出节点,所述第一电荷排斥节点与所述第二电荷偏转节点连接形成第二输出节点。

13. 根据权利要求1所述的电流检测模块,其特征在于,所述电流检测模块还包括设置于所述基板和所述导电体之间的绝缘层。

14. 根据权利要求13所述的电流检测模块,其特征在于,所述绝缘层的延展面积大于等于所述基板的延展面积;所述绝缘层的材料包括石英,或晶圆和聚亚酰胺。

15. 根据权利要求1所述的电流检测模块,其特征在于,所述引线端子包括用于输出信号的引线自由段,所述导电体包括用于接收信号的导体自由段,所述电流检测模块还包括封装体,所述封装体用于封装所述电流检测模块中除所述引线自由段和所述导体自由段的其他部分。

16. 根据权利要求1所述的电流检测模块,其特征在于,所述电流检测模块还包括至少两个电连接件和至少两个电极,所述引线端子依次通过所述电连接件和所述电极连接至所述基板。

17. 根据权利要求16所述的电流检测模块,其特征在于,所述电连接件包括跨接线,所述电极设置于所述第二基板表面,所述引线端子包括靠近所述第二基板表面的第二引线表面,所述跨接线一端连接所述第二引线表面,且另一端连接所述电极。

18. 根据权利要求1所述的电流检测模块,其特征在于,所述导体包括用于接收信号的导体自由段,所述导体自由段沿远离所述引线端子,且远离所述第一基板表面的方向延伸并弯折。

19. 根据权利要求1所述的电流检测模块,其特征在于,所述引线端子包括用于输出信号的引线自由段,所述引线自由段沿远离所述导体,且远离所述第一基板表面的方向延伸并弯折。

20. 一种用电设备,其特征在于,包括权利要求1-19任一项所述的电流检测模块。

21. 一种电流检测方法,其特征在于,包括:

向权利要求1-19中任一项所述的电流检测模块通入待测电流;

接收来自所述电流检测模块输出的电流检测信号,运算处理得到电流检测信息。

22. 根据权利要求21所述的电流检测方法,其特征在于,所述电流检测模块包括第一整体节点、第二整体节点、第三整体节点和第四整体节点;在所述第一整体节点和所述第二整体节点分别接入供电端和参考地端时,所述第三整体节点和所述第四整体节点作为所述输出节点;在所述第三整体节点和所述第四整体节点分别接入供电端和参考地端时,所述第一整体节点和所述第二整体节点作为所述输出节点;所述方法具体包括:

控制所述第一整体节点接入所述供电端,且所述第二整体节点接入所述参考地端,向所述电流检测模块通入待测电流;

接收来自所述第三整体节点和所述第四整体节点的电流检测信号,对所述电流检测信号执行差分放大运算;

和/或,

控制所述第一整体节点接入所述参考地端,且所述第二整体节点接入所述供电端,向所述电流检测模块通入待测电流;

接收来自所述第三整体节点和所述第四整体节点的电流检测信号,对所述电流检测信号执行差分放大运算;

和/或,

控制所述第三整体节点接入所述供电端,且所述第四整体节点接入所述参考地端,向所述电流检测模块通入待测电流;

接收来自所述第一整体节点和所述第二整体节点的电流检测信号,对所述电流检测信号执行差分放大运算;

和/或,

控制所述第三整体节点接入所述参考地端,且所述第四整体节点接入所述供电端,向所述电流检测模块通入待测电流;

接收来自所述第一整体节点和所述第二整体节点的电流检测信号,对所述电流检测信号执行差分放大运算。

23. 根据权利要求22所述的电流检测方法,其特征在于,所述方法具体包括:

对差分运算放大后的电流检测信号执行后数据处理,得到所述电流检测信息;其中,所述后数据处理包括多级放大处理、平均值运算、偏移校准和波纹去除至少其中之一。

电流检测模块、用电设备及电流检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及检测技术领域,尤其涉及一种电流检测模块、用电设备及电流检测方法。

背景技术

[0002] 随着技术的发展,特别是开关电源、软硬开关、稳压调压和脉冲发生技术的发展,在马达伺服控制、电路保护、功率控制和温度调整等场景下,电流检测在整体功能环节中扮演着不可或缺的作用。宏观上来看,对于家用电器、智能电网、电动车和风力发电等设备或领域而言,如何快速、准确地得到指定位置的电流信息,是推进相关领域、设备技术发展的重点之一。

[0003] 通用技术领域,存在接触式和非接触式两种检测方案。对于后者,其原理在于,利用电流的磁效应和电磁感应,通过磁信号作为中间媒介实现对电流的无接触检测。但磁场容易受到外部环境磁场的干扰,特别是会受到地磁场等近似均匀的磁场环境的影响,从而导致测得的电流数据发生偏移。

[0004] 现有技术中,对于外部磁场和电流磁效应产生的磁场分别提供了不同的传感器,将两者输出信号放大后运算作差,以将磁效应产生的磁场中的外部磁场干扰消除,但此种技术方案,一方面,需要提供两次独立的采样过程,不仅步骤繁琐、耗时长,还无法应对检测过程中的各种突发状况;另一方面,如若提供了两套采样放大电路,则会造成功耗、电路复杂度和匹配难度的提升,以及电路集成度降低。

发明内容

[0005] 本发明的目的之一在于提供一种电流检测模块,以解决现有技术中无接触式电流检测方案的检测精度低、检测过程耗时长、对特殊情况具有滞后性,以及电路复杂度高、成本高且集成度低的技术问题。

[0006] 本发明的目的之一在于提供一种用电设备。

[0007] 本发明的目的之一在于提供一种电流检测方法。

[0008] 为实现上述发明目的之一,本发明一实施方式提供一种电流检测模块,其特征在于,包括:磁场检测模块、导体,以及至少两条引线端子;所述磁场检测模块包括基板、第一检测部和第二检测部,所述基板包括靠近所述导体的第一基板表面,以及背离所述第一基板表面且设置有所述第一检测部和所述第二检测部的第二基板表面;所述第一检测部与所述第二检测部连接并形成输出节点,所述引线端子连接至所述输出节点;所述导体配置为,当通入待测电流时,在所述第一检测部和所述第二检测部上分别产生第一磁场信号和第二磁场信号;所述磁场检测模块配置为,对应于所述第一磁场信号和所述第二磁场信号产生并输出电流检测信号,且对应于其他外部磁场信号不输出所述电流检测信号。

[0009] 作为本发明一实施方式的进一步改进,所述第一磁场信号的方向和第二磁场信号的方向互成夹角设置。

[0010] 作为本发明一实施方式的进一步改进,所述导体包括第一电磁感应段,所述待测电流在所述第一电磁感应段中沿预设的导电方向流动,所述第一检测部和所述第二检测部相对于所述第一电磁感应段分别设置在所述导电方向上的两侧。

[0011] 作为本发明一实施方式的进一步改进,所述导体还包括与所述第一电磁感应段连接的第二电磁感应段和第三电磁感应段;所述第一电磁感应段、所述第二电磁感应段和所述第三电磁感应段共同围设形成一沿第三方向贯通的第一电磁感应区,所述第一检测部至少部分设置于所述第一电磁感应区内,所述第二检测部至少部分设置于所述第一电磁感应段背离所述第一电磁感应区的一侧;所述第三方向与所述导电方向垂直。

[0012] 作为本发明一实施方式的进一步改进,所述第二电磁感应段、所述第一电磁感应段和所述第三电磁感应段依次连接,所述第一电磁感应段沿第二方向延伸,所述第二方向和所述导电方向平行,所述第二电磁感应段和所述第三电磁感应段均沿第一方向延伸,所述第三方向同时垂直于所述第一方向和所述第二方向。

[0013] 作为本发明一实施方式的进一步改进,所述第一电磁感应段、所述第二电磁感应段和所述第三电磁感应段依次连接,所述第一电磁感应段沿第一方向延伸,所述第一方向和所述导电方向平行,所述第三电磁感应段沿所述第一方向延伸,所述第二电磁感应段沿第二方向延伸,所述第三方向同时垂直于所述第一方向和所述第二方向。

[0014] 作为本发明一实施方式的进一步改进,所述导体还包括与所述第一电磁感应段依次连接的第四电磁感应段和第五电磁感应段,所述第四电磁感应段沿所述第二方向延伸,所述第五电磁感应段沿所述第一方向延伸;所述第一电磁感应段、所述第四电磁感应段和所述第五电磁感应段共同围设形成一沿所述第三方向贯通的第二电磁感应区,所述第二检测部至少部分设置于所述第二电磁感应区内。

[0015] 作为本发明一实施方式的进一步改进,所述第一检测部包括第一检测元件和第二检测元件,所述第二检测部包括第三检测元件和第四检测元件;所述第一检测元件设置于所述第一电磁感应区内,所述第二检测元件设置于所述第二电磁感应段或所述第三电磁感应段背离所述第一电磁感应区的一侧;所述第三检测元件设置于所述第二电磁感应区内,所述第四检测元件设置于所述第四电磁感应段或所述第五电磁感应段背离所述第二电磁感应区的一侧。

[0016] 作为本发明一实施方式的进一步改进,所述导体包括第一导体表面,所述第二检测部中至少部分靠近所述第一导体表面设置;所述第一检测部沿第三方向向第一导体平面形成的第一检测投影中,至少部分与所述第一导体表面不重叠;其中,所述第一导体表面位于所述第一导体平面中,所述第三方向垂直于所述第一导体平面。

[0017] 作为本发明一实施方式的进一步改进,所述待测电流在所述导体中沿预设的导电方向流动,所述第二检测部中靠近所述第一导体表面设置的部分处沿所述导电方向延伸的中轴线,以及所述第一导体表面处沿所述导电方向延伸的中轴线均位于第二导体平面内;所述第二导体平面垂直于所述第一导体平面。

[0018] 作为本发明一实施方式的进一步改进,所述导体包括第一电磁感应段、第二电磁感应段和第三电磁感应段;所述第一电磁感应段、所述第二电磁感应段和所述第三电磁感应段连接并围设形成一沿所述第三方向贯通的第一电磁感应区,所述第一检测部至少部分设置于所述第一电磁感应区内。

[0019] 作为本发明一实施方式的进一步改进,所述第二电磁感应段、所述第一电磁感应段和所述第三电磁感应段依次连接,所述第二电磁感应段和所述第三电磁感应段均沿第一方向延伸,所述第一电磁感应段沿第二方向延伸,所述第三方向同时垂直于所述第一方向和所述第二方向。

[0020] 作为本发明一实施方式的进一步改进,所述第一电磁感应段、所述第二电磁感应段和所述第三电磁感应段依次连接,所述第一电磁感应段和所述第三电磁感应段均沿第一方向延伸,所述第二电磁感应段沿第二方向延伸,所述第三方向同时垂直于所述第一方向和所述第二方向。

[0021] 作为本发明一实施方式的进一步改进,所述第一检测部包括第一检测元件和第二检测元件,所述第二检测部包括第三检测元件和第四检测元件;所述第一检测元件设置于所述第一电磁感应区内,所述第二检测元件靠近所述第一导体表面设置;所述第三检测元件设置于所述第一电磁感应区内,所述第四检测元件靠近所述第一导体表面设置。

[0022] 作为本发明一实施方式的进一步改进,所述磁场检测模块包括霍尔元件和/或磁阻元件。

[0023] 作为本发明一实施方式的进一步改进,所述第一检测部包括相互并联的第一检测元件和第二检测元件,所述第一检测元件和所述第二检测元件配置为霍尔元件;所述第一检测元件包括第一霍尔节点组,所述第二检测元件包括第二霍尔节点组;所述第一霍尔节点组中的电荷偏转节点与所述第二霍尔节点组中的电荷偏转节点连接,所述第一霍尔节点组中的电荷排斥节点与所述第二霍尔节点组中的电荷排斥节点连接。

[0024] 作为本发明一实施方式的进一步改进,所述第一检测部还包括与所述第一检测元件和所述第二检测元件分别并联的第五检测元件和第六检测元件,所述第五检测元件和所述第六检测元件配置为霍尔元件;所述第五检测元件包括第五霍尔节点组,所述第六检测元件包括第六霍尔节点组;所述第一霍尔节点组、所述第二霍尔节点组、所述第五霍尔节点组和所述第六霍尔节点组中的电荷偏转节点相互连接,所述第一霍尔节点组、所述第二霍尔节点组、所述第五霍尔节点组和所述第六霍尔节点组中的电荷排斥节点相互连接。

[0025] 作为本发明一实施方式的进一步改进,所述第一检测部包括相互串联的第一检测元件和第二检测元件,所述第二检测部包括相互串联的第三检测元件和第四检测元件;所述第一检测元件和所述第二检测元件之间形成第一输出节点,所述第三检测元件和所述第四检测元件之间形成第二输出节点;所述第一检测元件、所述第二检测元件、所述第三检测元件和所述第四检测元件配置为磁阻元件。

[0026] 作为本发明一实施方式的进一步改进,所述第一检测部和所述第二检测部的内部结构相同。

[0027] 作为本发明一实施方式的进一步改进,所述第一检测部包括第一电荷偏转节点和第一电荷排斥节点,所述第二检测部包括第二电荷偏转节点和第二电荷排斥节点;所述第一电荷偏转节点与所述第二电荷排斥节点连接形成第一输出节点,所述第一电荷排斥节点与所述第二电荷偏转节点连接形成第二输出节点。

[0028] 作为本发明一实施方式的进一步改进,所述电流检测模块还包括设置于所述基板和所述导电体之间的绝缘层。

[0029] 作为本发明一实施方式的进一步改进,所述绝缘层的延展面积大于等于所述基板

的延展面积;所述绝缘层的材料包括石英,或晶圆和聚亚酰胺。

[0030] 作为本发明一实施方式的进一步改进,所述引线端子包括用于输出信号的引线自由段,所述导体包括用于接收信号的导体自由段,所述电流检测模块还包括封装体,所述封装体用于封装所述电流检测模块中除所述引线自由段和所述导体自由段的其他部分。

[0031] 作为本发明一实施方式的进一步改进,所述电流检测模块还包括至少两个电连接件和至少两个电极,所述引线端子依次通过所述电连接件和所述电极连接至所述基板。

[0032] 作为本发明一实施方式的进一步改进,所述电连接件包括跨接线,所述电极设置于所述第二基板表面,所述引线端子包括靠近所述第二基板表面的第二引线表面,所述跨接线一端连接所述第二引线表面,且另一端连接所述电极。

[0033] 作为本发明一实施方式的进一步改进,所述导体包括用于接收信号的导体自由段,所述导体自由段沿远离所述引线端子,且远离所述第一基板表面的方向延伸并弯折。

[0034] 作为本发明一实施方式的进一步改进,所述引线端子包括用于输出信号的引线自由段,所述引线自由段沿远离所述导体,且远离所述第一基板表面的方向延伸并弯折。

[0035] 为实现上述发明目的之一,本发明一实施方式提供一种用电设备,包括上述任一种技术方案所述的电流检测模块。

[0036] 为实现上述发明目的之一,本发明一实施方式提供一种电流检测方法,包括:向上述任一种技术方案所述的电流检测模块通入待测电流;接收来自所述电流检测模块输出的电流检测信号,运算处理得到电流检测信息。

[0037] 作为本发明一实施方式的进一步改进,所述电流检测模块包括第一整体节点、第二整体节点、第三整体节点和第四整体节点;在所述第一整体节点和所述第二整体节点分别接入供电端和参考地端时,所述第三整体节点和所述第四整体节点作为所述输出节点;在所述第三整体节点和所述第四整体节点分别接入供电端和参考地端时,所述第一整体节点和所述第二整体节点作为所述输出节点;所述方法具体包括:控制所述第一整体节点接入所述供电端,且所述第二整体节点接入所述参考地端,向所述电流检测模块通入待测电流;接收来自所述第三整体节点和所述第四整体节点的电流检测信号,对所述电流检测信号执行差分放大运算;和/或,控制所述第一整体节点接入所述参考地端,且所述第二整体节点接入所述供电端,向所述电流检测模块通入待测电流;接收来自所述第三整体节点和所述第四整体节点的电流检测信号,对所述电流检测信号执行差分放大运算;和/或,控制所述第三整体节点接入所述供电端,且所述第四整体节点接入所述参考地端,向所述电流检测模块通入待测电流;接收来自所述第一整体节点和所述第二整体节点的电流检测信号,对所述电流检测信号执行差分放大运算;和/或,控制所述第三整体节点接入所述参考地端,且所述第四整体节点接入所述供电端,向所述电流检测模块通入待测电流;接收来自所述第一整体节点和所述第二整体节点的电流检测信号,对所述电流检测信号执行差分放大运算。

[0038] 作为本发明一实施方式的进一步改进,所述方法具体包括:对差分运算放大后的电流检测信号执行后数据处理,得到所述电流检测信息;其中,所述后数据处理包括多级放大处理、平均值运算、偏移校准和波纹去除至少其中之一。

[0039] 与现有技术相比,本发明提供的电流检测模块,在一块基板上设置至少两个用于检测磁场的检测部,通过将其配置为对应外部磁场不输出电流检测信号,从而保持其在应

对待测电流产生的磁场信号时,能够有效排除外部磁场的干扰,使其至少不会反映在输出的检测信号上;两个检测部之间存在直接或间接的连接关系以形成输出节点,能够天然地形成均值输出和差分输出,并根据差分输出的内容产生电流检测信号,从而能够在节省一套采样电路的同时,避免对两个检测部交替采样的需求,缩短检测用时并提高电路集成度;两个检测部靠近导体设置,能够增强检测部接收到磁场信号的强度,并且由于在封装前检测部暴露在基板和导体之外,能够方便其与引线端子连接关系的建立,降低了封装工艺的难度和对电性连接结构的成本需求,提高了检测模块的良品率;如此,共同实现了兼顾高检测精度、低检测过程耗时、高响应速度、低电路复杂度和低成本的技术效果。

附图说明

[0040] 图1是本发明一实施方式中电流检测模块的结构示意图。

[0041] 图2是本发明一实施方式中电流检测模块沿第一剖视线形成的剖面示意图。

[0042] 图3是本发明一实施方式中电流检测模块沿第二剖视线形成的剖面示意图。

[0043] 图4是本发明一实施方式中电流检测模块的磁场检测模块的部分连接结构示意图。

[0044] 图5是本发明一实施方式中在电流检测模块上施加其他外部磁场信号时的磁场和电压变化曲线图。

[0045] 图6是本发明一实施方式中电流检测模块的第一实施例的磁场检测模块与导体的部分配合结构示意图。

[0046] 图7是本发明一实施方式中对电流检测模块通电时的电流和磁场变化曲线图。

[0047] 图8是本发明一实施方式中对电流检测模块通电时的磁场和电压变化曲线图。

[0048] 图9是本发明一实施方式中电流检测模块的第二实施例的磁场检测模块与导体的部分配合结构示意图。

[0049] 图10是本发明另一实施方式中电流检测模块的第一实施例的磁场检测模块与导体的部分配合结构示意图。

[0050] 图11是本发明另一实施方式中电流检测模块的第二实施例的磁场检测模块与导体的部分配合结构示意图。

[0051] 图12是本发明另一实施方式中电流检测模块的第三实施例的磁场检测模块与导体的部分配合结构示意图。

[0052] 图13是本发明再一实施方式中电流检测模块的磁场检测模块的部分连接结构示意图。

[0053] 图14是本发明又一实施方式中电流检测模块的第一实施例的第一检测部的部分连接结构示意图。

[0054] 图15是本发明又一实施方式中电流检测模块的第一实施例的第一检测部的动作原理图。

[0055] 图16是本发明又一实施方式中电流检测模块的第二实施例的第一检测部的部分连接结构示意图。

[0056] 图17是本发明又一实施方式中电流检测模块的第二实施例的第一检测部的动作原理图。

[0057] 图18是本发明一实施方式中电流检测模块的磁场检测模块和运算控制电路的部分连接结构示意图。

[0058] 图19是本发明另一实施方式中电流检测模块的磁场检测模块和运算控制电路的部分连接结构示意图。

[0059] 图20是本发明一实施方式中电流检测方法的步骤示意图。

[0060] 图21是本发明一实施方式中电流检测方法的第一实施例的步骤示意图。

[0061] 图22是本发明一实施方式中电流检测方法的第二实施例的步骤示意图。

[0062] 图23是本发明一实施方式中电流检测方法的第三实施例的步骤示意图。

[0063] 图24是本发明一实施方式中电流检测方法的第四实施例的步骤示意图。

具体实施方式

[0064] 以下将结合附图所示的具体实施方式对本发明进行详细描述。但这些实施方式并不限制本发明,本领域的普通技术人员根据这些实施方式所做出的结构、方法、或功能上的变换均包含在本发明的保护范围内。

[0065] 需要说明的是,术语“包括”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。此外,术语“第一”、“第二”、“第三”、“第四”、“第五”、“第六”等仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0066] 需要前置说明地,本发明在图1、图2、图3、图4、图6、图9、图10、图11、图12、图13、图14、图15、图16和图17中,示出的第一方向D1、第二方向D2和第三方向D3相互之间具有对应关系,本领域技术人员能够基于此种对应关系确定本发明提供的电流检测模块等结构的布置方位,以及其中内部结构之间的相对位置关系。其中,第一方向D1、第二方向D2和第三方向D3在本发明中,若无特别限定,均可以指代对应附图所示的方向或其反方向。优选地,第一方向D1、第二方向D2和第三方向D3相互垂直。

[0067] 此外,本发明中为了描述待测电流方向的方便,在图1、图6中表示为待测电流I,但在图3、图9、图10、图11和图12中则表示为待测电流 I_{\pm} 。可以理解地,此种表示上的差异并不对待测电流本身形成限定。

[0068] 本发明一实施方式提供一种用电设备,所述用电设备包括一种电流检测模块。所述用电设备可以是根据所述电流检测模块输出的电流检测信号进行控制或数据输出的任何一种装置或系统。具体地,所述用电设备可以是工业设备、医疗设备、汽车或供电电源等大宗装置,也可以是集成电路芯片、LED(Light-Emitting Diode,发光二极管)驱动设备、电机驱动设备或通信设备等小宗装置。

[0069] 本发明一实施方式提供一种如图1、图2和图3所示的电流检测模块。其中,图2是沿图1中第一剖视线Xs1形成的电流检测模块的剖面示意图,图3是沿图1中第二剖视线Xs2形成的电流检测模块的另一剖面示意图。所述电流检测模块可以设置于上述用电设备或其他任何有电流检测需求的设备中,也可以独立设置在衬底基板上形成单独的电流检测芯片。所述电流检测模块包括磁场检测模块100、导体200和至少两条引线端子300。其中,所述引线端子300在一些实施方式中可以被解释为引线的一部分,在另一些实施方式中可以被

解释为起到类似引线作用的端口结构。优选地,导体200和引线端子300可以共同实现为金属框架结构。

[0070] 导体200可以用于通入待测电流 I 或待测电流 $I \pm$,并基于电流的磁效应在周围产生与所述待测电流 I 或待测电流 $I \pm$ 相对应的中间磁场 B_h 。磁场检测模块100可以用于检测其外部的磁场情况,对应输出反映该磁场情况的电流检测信号。其中,所述“外部的磁场情况”优选为包括但不限于所述中间磁场 B_h 。引线端子300可以用于将电流检测信号本身输出,或将经过运算、处理后的电流检测信号输出。如此,磁场检测模块100、导体200和引线端子300,能够实现输出稳定的非接触式电流检测功能。

[0071] 优选地,磁场检测模块100包括基板11、第一检测部400和第二检测部500。基板11可以用于固定第一检测部400和第二检测部500,也可以具体用于承载第一检测部400和第二检测部500。第一检测部400和第二检测部500共同作为磁场检测模块100中用于检测外部的磁场情况的部分,两者在功能实现和结构配置上具有统一性。换言之,磁场检测模块100可以被认为是一体设置的、类似于磁场传感器的元器件。

[0072] 在一种实施方式中,基板11包括靠近导体200的第一基板表面111,基板11还包括背离第一基板表面111的第二基板表面112。换言之,第一基板表面111和第二基板表面112可以是基板11上相对设置的两个面,优选为,延展面积最大的两个面。第一检测部400和第二检测部500设置于第二基板表面112上。如此,相当于将第一检测部400和第二检测部500靠近导体200的一个表面设置,能够增强在检测部上产生的磁场信号的强度,使得磁场检测模块输出的电流检测信号的准确度更高。同时,由于检测部设置在基板11上背离导体200的一侧,检测部的装配工艺以及相关接线的设置工艺的要求更低,能够加快生产效率并提高良品率。

[0073] 第一检测部400和第二检测部500连接并形成输出节点12。如此,能够基于连接关系天然地形成均值输出和差分输出,从而,磁场检测模块可以基于此种差分输出,生成电流检测信号。考虑到对于除中间磁场 B_h 以外的其他外部磁场信号都是均匀地加在两个检测部上的,因而,差分输出能够天然地将外部干扰磁场消除。

[0074] 一方面,所述“第一检测部400和第二检测部500连接”可以理解为直接连接或间接连接。在一种具体示例中,可以是第一检测部400连接到第二检测部500上,而后第二检测部500将用于差分输出的端子统一连接至引线端子300处。在另一种具体示例中,也可以是第一检测部400和第二检测部500通过基板11上的其他位置,或通过引线端子300来建立间接的连接关系。

[0075] 另一方面,第一检测部400和第二检测部500可以优选采用并联的连接方式,来相互形成对照,以更好地消除其他外部磁场信号。此外,第一检测部400上电流可以具有第一流向,第二检测部500上电流可以具有第二流向,且第一流向和第二流向互成夹角的设置,如此,第一检测部400与第二检测部500具有不同方向的敏感度,磁场检测模块100能够稳定地保留甚至放大对应于中间磁场 B_h 的输出。

[0076] 具体地,导体200可以配置为,当通入待测电流 I 或待测电流 $I \pm$ 时,在第一检测部400上产生第一磁场信号(结合图7、图8所示的 B_1 ,下同),并在第二检测部500上产生第二磁场信号(结合图7、图8所示的 B_2 ,下同)。磁场检测模块100可以配置为,对应于第一磁场信号 B_1 和第二磁场信号 B_2 产生并输出电流检测信号。如此,以中间磁场 B_h 作为媒介进行非接

触式电流检测。

[0077] 优选地,磁场检测模块100还配置为,对应于其他外部磁场信号不输出电流检测信号。如此,屏蔽其他外部磁场信号的干扰。此处可以理解地,当第一检测部400上同时加有第一磁场信号B1和其他外部磁场信号,和/或第二检测部500上同时加有第二磁场信号B2和其他外部信号时,磁场检测模块100同样能够基于上述配置,只保留响应于待测电流I或待测电流 $I \pm$ 的电流检测信号输出。

[0078] 在一种优选的实施方式中,如图4所示,第一检测部400包括第一电荷偏转节点401和第一电荷排斥节点402,第二检测部500包括第二电荷偏转节点501和第二电荷排斥节点502。

[0079] 例如,在第一检测部400和第二检测部500中包括霍尔元件时,所述电荷偏转节点可以是,在所述检测部通电且施加有磁场信号后,霍尔元件中内部电荷运动并靠近的节点;所述电荷排斥节点则可以是,在所述检测部通电且施加有磁场信号后,霍尔元件中内部电荷运动并远离的节点。当然,在第一检测部400和第二检测部500中包含其他诸如磁阻元件等磁敏器件时,所述电荷排斥节点和所述电荷偏转节点可以具有其他定义。

[0080] 以图4中示出的结构为例,在第一检测部400和第二检测部500上同时施加垂直纸面向外的外部磁场,且将第三整体节点P3接入供电端(或者,供电电源的正极,下同),将第四整体节点P4接入参考地端时(或者,供电电源的负极,下同)。换言之,将第一检测部400和第二检测部500并联时,第一检测部400上形成第一参考电流 i_1 (可以朝第二方向D2和第一方向D1的反方向之间的方向流动),电荷在霍尔效应的作用下靠近第四检测节点e4且远离第二检测节点e2运动。此时,第四检测节点e4为第一电荷偏转节点401,第二检测节点e2为第二电荷排斥节点402。同理,第二检测部500上形成第二参考电流 i_2 (可以朝第二方向D2的反方向和第一方向D1的反方向之间的方向流动,第三方向D3同时垂直于第一方向D1和第二方向D2),电荷向靠近第八检测节点e8且远离第六检测节点e6运动。第八检测节点e8为第二电荷偏转节点501,第六检测节点e6为第二电荷排斥节点502。

[0081] 可以理解地,虽然在所述检测部包括霍尔元件的实施例中,所述电荷偏转节点和所述电荷排斥节点,会随着所述参考电流的流向和所述外部磁场的方向而变动。但在所述检测部包括诸如磁阻元件等其他磁敏器件的实施例中,所述电荷偏转节点和所述电荷排斥节点可以是固定的。

[0082] 为了确保第一检测部400和第二检测部500正常接受供电,图4中示出的结构还包括了用于相互连接并形成第三整体节点P3的第一检测节点e1和第五检测节点e5,以及用于形成第四整体节点P4的第三检测节点e3和第七检测节点e7。本发明并不对上述节点的设置位置进行限制,图4提供的只是诸多实施例的其中之一。

[0083] 下面接续图4提供的实施例,并结合图5说明其技术效果。图5示出了施加其他外部磁场信号时,加在第一检测部400的第三磁场信号B3和加在第二检测部500的第四磁场信号B4的变化曲线,以及所述电荷偏转节点、所述电荷排斥节点处电压的变化曲线,以及具有电压形式的电流检测信号的变化曲线。

[0084] 当所述外部磁场在第三方向D3上的第三外部磁场分量 $B(e)_{d3}$ 随时间 t 呈现正弦分布时,由于外部磁场在第一检测部400和第二检测部500上的分布较为均匀,因此第三磁场信号B3和第四磁场信号B4检测到的沿第三方向D3磁场呈现出与第三外部磁场分量 $B(e)_{d3}$

一致的变化趋势。所述变化趋势可以包括变化波形的相位和幅值,下同。

[0085] 由于第三外部磁场分量 $B(e) d_3$ 方向沿第三方向 D_3 (也即,垂直纸面向外),此时第二检测节点 e_2 对应为所述第一电荷偏转节点,第六检测节点 e_6 对应为所述第二电荷偏转节点,第四检测节点 e_4 为所述第一电荷排斥节点,第八检测节点 e_8 为第二电荷排斥节点。基于此,第二检测节点 e_2 与第六检测节点 e_6 ,也即所述电荷偏转节点的节点电压 V_e 与第三外部磁场分量 $B(e) d_3$ 的变化趋势一致。第四检测节点 e_4 和第八检测节点 e_8 ,也即所述电荷排斥节点的节点电压 V_e 与第三外部磁场分量 $B(e) d_3$ 的变化趋势相反。所述变化趋势相反,可以包括相位相等,幅值互为相反数,下同。

[0086] 一种实施方式中,所述节点电压可以是最高节点电压 $\Delta V + \frac{Vd}{2}$ 和最低节点电压 $-\Delta V + \frac{Vd}{2}$ 之间的任一值。优选地, Vd 为第一检测部400和第二检测部500的供电电压。

[0087] 在本实施方式中,第二检测节点 e_2 与第八检测节点 e_8 相连形成了第二整体节点 P_2 ,以作为输出节点12中的第二输出节点122。从而,第二输出节点122天然地反映第二检测节点 e_2 处电平与第八检测节点 e_8 处电平的均值,构成均值输出。第四检测节点 e_4 与第六检测节点 e_6 相连形成了第一整体节点 P_1 ,以作为输出节点12中的第一输出节点121。从而,利用该第一输出节点121和第二输出节点122可以构成差分输出。

[0088] 不论第一检测部400和第二检测部500敏感度是否存在差异,在第一检测部400和第二检测部500上仅施加有大体均匀的其他外部磁场信号时,两输出节点形成的上述两组均值输出相等。此时,根据两组均值输出形成的差分输出始终为0,也即电压形式的电流检测信号 V_{out} 始终为0。如此,消除了其他外部磁场对于磁场检测模块以及电流检测模块输出的影响。

[0089] 对于第一检测部400和第二检测部500与导体200的相对位置关系,或者第一磁场信号的方向和第二磁场信号的方向,本发明一实施方式中优选为配置为,所述第一磁场信号的方向和所述第二磁场信号的方向互成夹角设置。如此,在利用第一检测部400和第二检测部500形成均值输出和差分输出的基础上,能够避免两个检测部上受到导体200中间磁场作用而产生的第一磁场信号和第二磁场信号被抵消,从而至少保留部分所述中间磁场的内容构成所述电流检测信号。

[0090] 具体地,第一磁场信号的方向和第二磁场信号的方向之间的夹角可以是30度、45度、60度、90度、120度、135度、150度、180度、270度、300度、315度、330度等的其中之一。并优选地,所述第一磁场信号和所述第二磁场信号中至少包括互成90度夹角的分量,或所述第一磁场信号和所述第二磁场信号中至少包括互成180度夹角的分量。

[0091] 基于上述实施方式,在本发明的第一实施例中,结合图2、图3和图6所示,导体200可以包括第一导体表面201,第二检测部500中至少部分靠近第一导体表面201设置。第一检测部400沿第三方向 D_3 ,具体可以是沿图中第三方向 D_3 的反方向向第一导体平面201'形成的第一检测投影中,至少部分与第一导体表面201不重叠。其中,第一导体表面201位于第一导体平面201'中,第三方向 D_3 垂直于第一导体平面201'。

[0092] 导体200上待测电流 I 或待测电流 $I \pm$ 所产生的中间磁场 B_h ,在第一检测部400上整体形成,以第三方向 D_3 或其反方向为磁场方向的第一磁场信号,或者,中间磁场 B_h 至少使

所述第一磁场信号具有朝向第三方向D3或其反方向的磁场分量。中间磁场Bh在第二检测部500上整体形成以第二方向D2或其反方向为磁场方向的第二磁场信号,或者中间磁场Bh至少使所述第二磁场信号具有沿第二方向D2或其反方向分布的磁场分量。

[0093] 如此,所述第一磁场信号的方向和所述第二磁场信号的方向可以近似相互垂直,从而,不管选取第二方向D2还是选取第三方向D3作为所述检测部的检测方向或敏感方向,也不管导体200上电流沿长度方向的流向如何,均能够保证两个检测部其中之一能够检测到对应的磁场信号且信号强度更强,而其中另一检测到的磁场信号的信号强度更弱或磁场信号为0。

[0094] 在一种实施方式中,若基板11用于固定第一检测部400和第二检测部500的表面为平直面,则第一检测部400和第二检测部500会处于与第一导体表面201平行的平面内。换言之,第一检测部400和第二检测部500会在第三方向D3上具有相同的高度水平。当然,本发明并不排斥将基板11配置为中间弯折的结构,或将基板11配置为柔性材质,使得第一检测部400设置得更靠近于与第一导体表面201相接的其他导体表面。

[0095] 下面将结合图1、图2、图3、图4、图6、图7和图8说明本实施方式的技术效果。

[0096] 当向导体200中通入待测电流I或待测电流 $I \pm$ 时,在一种具体示例中,第一检测部400位于导体200的相对左侧,使得中间磁场Bh的磁感线从第一检测部400背离导体200一侧的表面入射,并从其靠近导体200一侧的表面出射。第一检测部400上对应产生的第一磁场信号B1朝向第三方向D3的反方向。在待测电流I随时间t正弦分布时,第一磁场信号B1与待测电流I的波形相反。

[0097] 在一种实施方式中,第一磁场信号B1在第三方向D3的磁感应强度 $B(I) d3$ 可以是最高磁感应强度 ΔBh 和最低磁感应强度 $-\Delta Bh$ 之间的任一值。

[0098] 相应地,中间磁场Bh的磁感线从第二检测部500在第二方向D2上的一侧入射,并从第二方向D2上的另一侧出射。第二检测部500可以近似被认为在第三方向D3上没有敏感度,从而没有形成第二磁场信号B2或第二磁场信号B2始终为0。

[0099] 在此种情况下,第一检测部400上第二检测节点e2成为第一电荷偏转节点401,第二检测节点e2的节点电压Ve具有与第一磁场信号B1一致的变化趋势;相反,第四检测节点e4成为第一电荷排斥节点402,其节点电压Ve具有与第一磁场信号B1相反的变化趋势。在一种实施方式中,所述电荷偏转节点和所述电荷排斥节点的节点电压Ve可以是最高节点电压

$\Delta V + \frac{Vd}{2}$ 和最低节点电压 $-\Delta V + \frac{Vd}{2}$ 之间的任一值。优选地,Vd为第一检测部400和第二

检测部500的供电电压。

[0100] 第二检测部500上第二磁场信号B2为0,对应于第二电荷偏转节点和第二电荷排斥节点的第六检测节点e6和第八检测节点e8的节点电压Ve始终为供电电压Vd的二分之一。

[0101] 第二整体节点P2同时与第二检测节点e2和第八检测节点e8连接,形成用于均值输出的检测输出信号Vp。对应于第二整体节点P2的检测输出信号Vp,在一种实施方式中为,第二检测节点e2的节点电压与第八检测节点e8的节点电压之和的二分之一。由于第八检测节点e8的节点电压为0,由此形成的第二整体节点P2的检测输出信号Vp的变化情况,与第二检测节点e2的节点电压的变化情况相类似,但相对于供电电压Vd的二分之一的幅值缩小为第二检测节点e2的节点电压变化曲线的幅值的二分之一,也即第二整体节点P2的检测输出信号Vp可以

是 $\frac{\Delta V + V_d}{2}$ 和 $\frac{-\Delta V + V_d}{2}$ 之间的任一值。

[0102] 第一整体节点P1同时与第四检测节点e4和第六检测节点e6连接,其检测输出信号V_p,可以是第四检测节点e4的节点电压和第六检测节点e6的节点电压之和的二分之一。第一整体节点P1的检测输出信号V_p与第四检测节点e4的节点电压的变化情况相类似,相对于供电电压V_d的二分之一的幅值缩小为其变化曲线的幅值的二分之一,也即第一整体节点P1的检测输出信号V_p可以是 $\frac{\Delta V + V_d}{2}$ 和 $\frac{-\Delta V + V_d}{2}$ 之间的任一值。

[0103] 由于第一整体节点P1和第二整体节点P2分别作为第一输出节点121和第二输出节点122,两者形成差分输出,能够将幅值还原并更好地体现待测电流I的变化情况。

[0104] 定义第四检测节点e4的节点电压为V_{e4},第六检测节点e6的节点电压为V_{e6},第二检测节点e2的节点电压为V_{e2},第八检测节点e8的节点电压为V_{e8}。则,具有电压形式的电流检测信号V_{out}可以至少满足:

$$[0105] \quad V_{out} = V_{p1} - V_{p2} = \frac{V_{e4} + V_{e6}}{2} - \frac{V_{e2} + V_{e8}}{2}。$$

[0106] 如此,电流检测信号V_{out}呈现与待测电流I相一致的正弦波形,且两者相位保持一致。电流检测信号V_{out}相比于检测输出信号V_p而言,幅值也恢复至与最高节点电压ΔV和最低节点电压-ΔV的绝对值相一致的水平。

[0107] 优选地,如图1、图2、图3、图6和图9所示,待测电流I或待测电流I±在导体200中沿预设的导电方向流动,第二检测部500中靠近第一导体表面201设置的部分处沿所述导电方向(例如,图1和图6中第一方向D1的反方向为第一电磁感应段21的所述导电方向;又例如图9中,第二检测元件52为第二检测部500的一部分,第一方向D1为第三电磁感应段23的所述导电方向)延伸的中轴线,与第一导体表面201处沿所述导电方向延伸的中轴线,可以同时位于第二导体平面202'内。具体地,第二导体平面202'垂直于第一导体平面201'。如此,第二检测部500与其所靠近的第一导体表面201基本沿中轴线对齐布置。换言之,第二检测部500可以相对于对应的第一导体表面201的中轴线为对称轴布置。可以使得导体200产生的中间磁场B_h对应的磁感线,对第二检测部500平行于第一导体平面201的面出射和入射的分量相等,从而保持其上的第二磁场信号的磁感应强度(或,第二磁场信号至少在第三方向D3上的分量的磁感应强度)始终为0。

[0108] 在基于上述实施方式的另一实施例中,参照图1和图9所示,导体200可以包括第一电磁感应段21、第二电磁感应段22和第三电磁感应段23。所述三个电磁感应段可以同步地产生所述中间磁场(也即,导体通电后形成的感生磁场),从而增强磁场检测模块100处的磁场信号的强度。

[0109] 优选地,第一电磁感应段21、第二电磁感应段22和第三电磁感应段23连接,并共同围设形成一沿第三方向D3贯通的第一电磁感应区261。当向导体200中通入电流时,不同所述电磁感应段产生的磁场在第一电磁感应区261处发生叠加。基于此,第一检测部400中至少部分,可以优选设置于第一电磁感应区261内,以更准确地获得反映待测电流I变化和参数情况的电流检测信号。

[0110] 第一电磁感应段21、第二电磁感应段22和第三电磁感应段23相互之间的连接关系可以具有多种配置,在一种实施例中,基于第一电磁感应区261的配置,上述三个电磁感应段相互组合后可以是呈“匚”字形。

[0111] 第二检测部500所靠近的第一导体表面201,可以是第一电磁感应段21上的第一导体表面201。可以理解地,此时第一电磁感应段21的设置位置和延伸方向,第二电磁感应段22和第三电磁感应段23与第一电磁感应段21之间的相对位置关系,以及三者之间的连接次序,会影响所述检测部的设置位置,从而形成多种衍生的技术方案。

[0112] 在图1示出的一种实施方式中,结合图3所示,第一电磁感应段21、第二电磁感应段22和第三电磁感应段23依次连接。如此,第二电磁感应段22设置于第一电磁感应段21和第三电磁感应段23之间,第一检测部400设置于第一电磁感应段21靠近第三电磁感应段23的一侧。

[0113] 在一种应用场景下,第一电磁感应段21沿第一方向D1延伸,第三电磁感应段23沿第一方向D1延伸,第二电磁感应段22沿第二方向D2延伸。其中,第三方向D3同时垂直于第一方向D1和第二方向D2。如此,第一检测部400设置于第一电磁感应段21在第二方向D2或其反方向上的一侧,第二检测部500设置于第一电磁感应段21在第三方向D3或其反方向上的一侧。在通入待测电流I或待测电流 $I \pm$ 后,第一检测部400位于第一电磁感应区261中的部分,同时受到来自上述三个电磁感应段的磁场叠加;第二检测部500基于其靠近第一电磁感应段21而远离其他电磁感应段的位置设置,可以看作只接受来自第一电磁感应段21的感生磁场,且总的磁感应强度近似为0。

[0114] 而在另一种实施方式中,第二电磁感应段22、第一电磁感应段21和第三电磁感应段23可以是依次连接的。优选地,第一电磁感应段21沿第二方向D2延伸,第二电磁感应段22沿第一方向D1延伸,第三电磁感应段23沿第一方向D1延伸。类比图1示出的实施方式,可以将其中的第一电磁感应段21和第二电磁感应段22互换位置。此时,由于第二检测部500靠近第一电磁感应段21设置,因而在本实施方式中,第一检测部400设置于第一电磁感应段21在第一方向D1或其反方向上的一侧,第二检测部500设置于第一电磁感应段21在第三方向D3或其反方向上的一侧。

[0115] 可以理解地,本发明提供的第一检测部400或第二检测部500中,并不局限于只包含一个用于检测磁场的元器件。在一些优选的实施方式中,为了提升检测精度并增多采集的样本数据量,单个所述检测部中可以包括两个以上的检测元件。

[0116] 沿用此种配置思路,以基于图1示出的实施方式对应的衍生方案为例,本发明还提供优选的第二实施例,如图9并结合图1、图2和图3所示。第一检测部400可以包括第一检测元件41和第二检测元件42,第二检测部500可以包括第三检测元件51和第四检测元件52。优选地,第一检测元件41、第二检测元件42、第三检测元件51和第四检测元件52可以是同时设置在基板11上。特别地,可以是设置在基板11背离导体200一侧的表面上。

[0117] 进一步地,该第二实施例中同样可以包括第一电磁感应段21、第二电磁感应段22和第三电磁感应段23,以及由三个所述电磁感应段围设形成的第一电磁感应区261。从而,第一检测元件41设置于第一电磁感应区261内,第二检测元件42靠近第一导体表面201(优选地,靠近第一电磁感应段21一侧的第一导体表面201)设置。优选地,可以是靠近第一电磁感应段21的第一导体表面201设置。如此,两检测元件相互对照并形成一组均值输出和差分

输出。优选地,第一检测元件41和第二检测元件42连接并形成一组输出节点。

[0118] 对应地,第三检测元件51设置于第一电磁感应区261内,第四检测元件52靠近第一导体表面201设置。优选地,可以是靠近第三电磁感应段22的第一导体表面201(优选地,靠近第三电磁感应段23一侧的第一导体表面201)设置。如此,两检测元件形成另一组均值输出和差分输出。优选地,第三检测元件51和第四检测元件52连接形成另一组输出节点。

[0119] 在另一种实施方式中,第一检测部400和第二检测部500还可以设置于导体200中某个电磁感应段的两侧。以图10为例,并结合图6所示,在该实施方式中,导体200包括第一电磁感应段21,待测电流 I_{\pm} 在第一电磁感应段21中沿预设的导电方向流动,并具体可以是图中示出的第一方向D1或其反方向。换言之,所述导电方向可以与第一方向D1平行。

[0120] 基于此,第一检测部400和第二检测部500可以相对于第一电磁感应段21分别设置在所述导电方向(例如,第一方向D1)上的两侧。换言之,第一检测部400可以设置于第一电磁感应段21在参考方向(例如,第二方向D2)上的一侧,第二检测部500可以设置于第一电磁感应段22在所述参考方向上的另一侧。其中,所述参考方向垂直于所述导电方向。如此,第一磁场信号的方向与第二磁场信号的方向所成夹角的度数为180度,或至少包括互成180度的分量。

[0121] 如此,基于差分输出可以将第一磁场信号和第二磁场信号中,表征其他外部磁场的分量消除;基于两磁场信号方向近乎相反,使得进行差分输出时将磁场信号叠加或倍增,从而形成能够更为明显地反映待测电流变化情况的电流检测信号。

[0122] 在另一种情况下,考虑到第一检测部400和第二检测部500设置位置的因素,第一检测部400上可能会同时存在沿第二方向D2的反方向的磁场分量,以及沿第三方向D3的磁场分量;第二检测部500上可能会同时存在沿第二方向D2的反方向的磁场分量,以及沿第三方向D3的反方向的磁场分量。即便如此,基于本发明天然地形成了均值输出和差分输出,仍能够使两个所述检测部上沿第二方向D2的磁场分量被抵消,且第三方向D3的磁场分量倍增,同样能够兼顾消除其他外部磁场和更明显地反映待测电流情况两方面优势。

[0123] 图10实际上示出的,是该另一实施方式的第一实施例,在于进一步提高第一磁场信号的强度或提高第二磁场信号的强度。优选地,此种强度提高的配置可以采用成本代价小、集成度高的改变所述导体形态的方式实现。

[0124] 具体地,所述导体还包括与第一电磁感应段21连接的第二电磁感应段22和第三电磁感应段23。与前一实施方式相类似地,三个电磁感应段的相对位置关系,以及连接次序等结构配置,配合第一检测部400和第二检测部500的设置位置,能够产生多种衍生的实施例。

[0125] 第一电磁感应段21、第二电磁感应段22和第三电磁感应段23共同围设形成一沿第三方向D3贯通的第一电磁感应区261。第一检测部400至少部分设置于第一电磁感应区261内,第二检测部500至少部分设置于第一电磁感应段21背离第一电磁感应区261的一侧。其中,第三方向D3与所述导电方向(例如,第一方向D1)垂直。如此,第一检测部400上可以获得三个电磁感应段输出感生磁场的叠加磁场,来作为第一磁场信号;第二检测部500由于远离第二电磁感应段22和第三电磁感应段23,而只获得第一电磁感应段21产生的中间磁场信号。如此,实现了至少一组磁场信号的强度提升,增强了电流检测模块的性能。

[0126] 此外,此种实施例还在第一检测部400和第二检测部500之间形成磁场信号强度差

异,使得第二检测部500上沿第二方向D2的反方向的磁场分量对第一检测部400的影响力被削弱,从而,第一检测部400上同样能够反应待测电流 I_{\pm} 情况的、沿第二方向D2的反方向的磁场分量被更多的保留。并且,这种保留并没有以削弱对其他外部磁场的清除性能为代价。

[0127] 图10示出的第一实施例中,三个所述电磁感应段的设置次序使得第二检测部500位于第一电磁感应段21在第二方向D2上背离第一电磁感应区261的一侧。具体地,第一电磁感应段21、第二电磁感应段22和第三电磁感应段23依次连接。换言之,第二电磁感应段22的两端分别连接第一电磁感应段21和第三电磁感应段23。

[0128] 优选地,第一电磁感应段21沿第一方向D1或其反方向延伸。所述导电方向同样可以沿第一方向D1或其反方向延伸,也即,所述第一方向D1与所述导电方向平行。第三电磁感应段23同样沿第一方向D1延伸,第二电磁感应段22沿第二方向D2延伸。其中,第三方向D3同时垂直于第一方向D1和第二方向D2。如此,能够增加电流检测模块的集成度。

[0129] 值得注意地,本发明全文关于此处的结构,并未限定第一方向D1与第二方向D2相垂直,特别是并未限定第二电磁感应段22与第一电磁感应段21的延伸方向相垂直。但第一方向D1和第二方向D2应当是互相区分的两种方向,两者可以互成角度地设置。当然,垂直的设置关系可以是本发明的一个优选的实施方式。

[0130] 优选地,第一检测部400和第二检测部500可以同时设置于基板11上,特别是基板11背离所述导电体一侧的表面上。第一检测部400和第二检测部500连接形成所述输出节点12。

[0131] 当然,在本发明与上述第一实施例并行的另一实施例中,第二检测部500还可以参图10所示,设置于第一检测部400在第一方向D1上背离第一电磁感应区261的一侧处。具体地,第二电磁感应段22、第一电磁感应段21和第三电磁感应段23依次连接。换言之,第一电磁感应段21的两端分别连接第二电磁感应段22和第三电磁感应段23。

[0132] 优选地,第一电磁感应段21沿第二方向D2或其反方向延伸。所述导电方向同样可以沿第二方向D2或其反方向延伸,也即,所述第二方向D2与所述导电方向平行。第二电磁感应段22沿第一方向D1延伸,第三电磁感应段23沿第一方向D1延伸。其中,第三方向D3同时垂直于第一方向D1和第二方向D2。类比于图10提供的实施方式,可以解释为将其中的第一电磁感应段21和第二电磁感应段22的位置互换。

[0133] 虽然第二检测部500设置于第一电磁感应段21沿第一方向D1或其反方向背离第一检测部400一侧,但其仍然可以看作只受到第一电磁感应段21的中间磁场影响,能够实现与图10中示出的第一实施例近似或更优的技术效果。

[0134] 一方面,所述导电体并不一定被局限于仅具有所述第一电磁感应段,和/或仅包括所述第一电磁感应段、所述第二电磁感应段、所述第三电磁感应段这两种衍生方案。在一些实施例中,还可以具有第四电磁感应段、第五电磁感应段等更多与上述任一电磁感应段连接的部件。可以理解地,此种思想不仅可以构建于上述诸如图10所示的另一实施方式,还可构建于图1、图6和图9所对应的实施方式。

[0135] 以基于图10提供的第一实施例对应的衍生方案为例,如图11和图12所示。所述导电体还可以包括与第一电磁感应段21依次连接的第四电磁感应段24和第五电磁感应段25。当然,本第二实施例同样可以包括第二电磁感应段22和第三电磁感应段23,以及由其围设形成的第一电磁感应区261。优选地,待测电流 I_{\pm} 从第三电磁感应段23和第五电磁感应段

23其中之一接入,并从其中另一输出。

[0136] 如图11所示,在一种情况下,第四电磁感应段24可以沿第二方向D2延伸,第五电磁感应段25可以沿第一方向D1延伸。换言之,第四电磁感应段24可以与第二电磁感应段22平行,第一电磁感应段21、第三电磁感应段23和第五电磁感应段25可以相互平行。基于此,第一电磁感应段21、第四电磁感应段24和第五电磁感应段25可以共同围设形成一沿第三方向D3贯通的第二电磁感应区262。第二检测部500可以将其至少部分设置于第二电磁感应区262中,以获得磁场信号强度的提升,在经过均值输出和差分输出后,能够获得与待测电流I±一致性更好的电流检测信号。并且,能够提高电流检测模块的带宽适应能力,以满足高带宽需求。

[0137] 优选地,第一检测部400和第二检测部500可以同时设置于基板11上。

[0138] 另一方面,如前所述,所述检测部内并不局限于包括一个用于检测磁场的元器件,在本实施方式中,同样也可以如前一实施方式所述,在一个检测部内设置多个检测元件。图12示出了在这一思想指导下的第三实施例,结合图11所示。

[0139] 一种情况下,第一检测部400包括第一检测元件41和第二检测元件42。其中,第一检测元件41可以设置于由第一电磁感应段21、第二电磁感应段22和第三电磁感应段23围设形成的第一电磁感应区261内。第二检测元件42,则可以设置于第二电磁感应段22背离第一电磁感应区261一侧,特别是沿第一方向D1背离第一电磁感应区261一侧;也可以设置于第三电磁感应段23背离第一电磁感应区261一侧,特别是沿第二方向D2的反方向背离第一电磁感应区261一侧。优选地,两检测元件形成一组均值输出和差分输出。换言之,第一检测元件41和第二检测元件42连接形成一组输出节点。

[0140] 对应地,第二检测部500包括第三检测元件51和第四检测元件52。其中,第三检测元件51可以设置于由第一电磁感应段21、第四电磁感应段24和第五电磁感应段25围设形成的第二电磁感应区262内。第四检测元件52,则可以设置于第四电磁感应段24背离第二电磁感应区262一侧,特别是沿第一方向D1的反方向背离第二电磁感应区262一侧;也可以设置于第五电磁感应段25背离第二电磁感应区262一侧,特别是沿第二方向D2背离第二电磁感应区262一侧。优选地,两检测元件形成另一组均值输出和差分输出。换言之,第三检测元件51和第四检测元件52连接形成另一组输出节点。如此,兼顾精度提升和高带宽需求适应性。

[0141] 对于磁场检测模块内部的元器件配置,特别是两个检测部中的元器件配置,首先可以提供的技术方案在于,所述第一检测部和所述第二检测部,可以具有相同或近似的内部结构。如此,能够保持均值输出和差分输出过程中的均一性和准确性。

[0142] 此外,所述磁场检测模块在一些实施方式中,可以包括霍尔元件、磁阻元件,或霍尔元件与磁阻元件的配合。所述磁场检测模块仅包括霍尔元件时,可以形成一种霍尔传感器。所述磁场检测模块仅包括磁阻元件时,可以形成一种磁阻式传感器。

[0143] 进一步地,如图13所示,在一种实施方式中,第一检测部400和第二检测部500中可以包括磁阻元件。优选地,第一检测部400包括相互串联的第一检测元件41和第二检测元件42。第一检测元件41和第二检测元件42之间形成第一输出节点121。与前文内容相一致地,第一检测元件41和第二检测元件42之间也可以用于形成第一整体节点P1。第一检测元件41和第二检测元件42可以配置为磁阻元件。

[0144] 相对应地,第二检测部500优选包括相互串联的第三检测元件51和第四检测元件

52。第三检测元件51和第四检测元件52之间形成第二输出节点122。与前文内容相一致地，第三检测元件51和第四检测元件52之间也可以用于形成第二整体节点P2。第三检测元件51和第四检测元件52可以配置为磁阻元件。

[0145] 如此，基于磁阻元件的特性，能够对应于磁场情况在第一输出节点121和第二输出节点122处形成电压形式的电流检测信号输出。优选地，第一检测元件41和第二检测元件42的磁阻特性不同，第一检测元件41和第三检测元件51的磁阻特性相同，第二检测元件42和第四检测元件52的磁阻特性相同。如此，第一输出节点121和第二输出节点122处的电位保持一致，且在磁场的影响下，共同与所述导体上的待测电流保持变化趋势的一致。

[0146] 为所述检测元件供电的方式，可以利用检测元件上未用于形成输出节点的端子进行。换言之，第一检测元件41和第二检测元件42形成的支路，可以与第三检测元件51和第四检测元件52形成的支路相互并联。具体地，第一检测元件41上未与第二检测元件42连接的一端，与第三检测元件51上未与第四检测元件52连接的一端相连接，以形成第三整体节点P3。第二检测元件42上未与第一检测元件41连接的一端，与第四检测元件52上未与第三检测元件51连接的一端相连接，以形成第四整体节点P4。第三整体节点P3和第四整体节点P4其中之一接入所述供电端，其中另一接入所述参考地端。

[0147] 为了提升所述检测部在多方位测量感度的适应性，可以对所述检测元件的延伸方向进行特殊配置。在一种实施方式中，第一检测元件41可以沿第一方向D1与第二方向D2的中间方向延伸，第二检测元件41可以沿第一方向D1的反方向与第二方向D2的中间方向延伸，第三检测元件51可以沿第一方向D1和第二方向D2的反方向的中间方向延伸，第四检测元件52可以沿第一方向D1和第二方向D2的中间方向延伸。优选地，第三方向D3同时垂直于第一方向D1和第二方向D2。

[0148] 在所述磁场检测模块包括霍尔元件，特别是所述第一检测部和所述第二检测部包括霍尔元件的实施方式中，每个检测部中可以仅包括一个霍尔元件，也可以包括两个以上的霍尔元件。对于前者，可以实施图4所示的连接结构，并将霍尔元件上用于实现所述电荷偏转节点功能的节点，以及霍尔元件上用于实现所述电荷排斥节点功能的节点可以对应配置，以实现相应技术效果，此处不再赘述。

[0149] 在上述实施方式的一个第一实施例中，至少其中一个检测部中可以包括两个配置为霍尔元件的检测元件，如图14和图15所示。以第一检测部400为例，第一检测部400包括相互并联的第一检测元件41和第二检测元件42，两者均配置为霍尔元件。如此，可以相互对照并进行均值输出。

[0150] 具体地，第一检测元件41包括第一霍尔节点组41h，第二检测元件42包括第二霍尔节点组42h。第一霍尔节点组41h中的至少部分霍尔节点与第二霍尔节点组42h中的至少部分霍尔节点相连接，从而形成第一检测部400的所述检测节点。进一步地，所述检测节点根据电荷偏转特性，可以至少包含第一检测部400的所述第一电荷偏转节点和所述第一电荷排斥节点。

[0151] 优选地，第一霍尔节点组41h中的电荷偏转节点与第二霍尔节点组42h中的电荷偏转节点相连接。如图14和图15所示，第一霍尔节点组41h可以包括第一霍尔节点h1、第二霍尔节点h2、第三霍尔节点h3和第四霍尔节点h4；第二霍尔节点组42h可以包括第五霍尔节点h5、第六霍尔节点h6、第七霍尔节点h7和第八霍尔节点h8。

[0152] 在一种情况下,所述待测电流形成的中间磁场或其他外部磁场沿第三方向D3的反方向加在第一检测部400上,第一霍尔电流 i_{11} 作为所述第一参考电流的一部分,从第一霍尔节点h1流向第三霍尔节点h3。如此,第四霍尔节点h4为第一霍尔节点组41h中的电荷偏转节点。第二霍尔电流 i_{12} 作为所述第一参考电流的一部分,从第六霍尔节点h6流向第八霍尔节点h8。如此,第五霍尔节点h5为第二霍尔节点组42h中的电荷偏转节点。因而,第四霍尔节点h4与第五霍尔节点h5相连形成第四检测节点e4,可以作为第一检测部400的所述第一电荷偏转节点。

[0153] 优选地,第一霍尔节点组41h中的电荷排斥节点与第二霍尔节点组42h中的电荷排斥节点相连接。

[0154] 在与上述方案中磁场方向和电流方向的配置相同的情况下,第二霍尔节点h2为第一霍尔节点组41h中的电荷排斥节点,第七霍尔节点h7为第二霍尔节点组42h中的电荷排斥节点。因而,第二霍尔节点h2与第七霍尔节点h7相连形成第二检测节点e2,可以作为第一检测部400的所述第一电荷排斥节点。

[0155] 当然,第一霍尔节点组41h和第二霍尔节点组42h还可以形成,用于接入供电端或参考地端的第一检测部400上的其他检测节点。在图14和图15示出的实施例中,为了使第一霍尔电流 i_{11} 沿第二方向D2和第一方向D1的反方向的中间方向流动,可以将第一霍尔节点h1用于接入所述供电端,并将第三霍尔节点h3用于接入所述参考地端。为了使第二霍尔电流 i_{12} 沿第二方向D2和第一方向D1的中间方向流动,可以将第六霍尔节点h6接入所述供电端,并将第八霍尔节点h8接入所述参考地端。优选地,第三方向D3同时垂直于第一方向D1和第二方向D2。

[0156] 基于此,第一霍尔节点h1与第六霍尔节点h6连接形成第一检测节点e1,用于接入供电端或参考地端其中之一,第三霍尔节点h3与第八霍尔节点h8连接形成第三检测节点e3,用于接入供电端或参考地端其中另一。

[0157] 为了进一步提高所述检测部的感度,所述检测部至少其中之一可以包括三个或四个检测元件。以包含四个检测元件的第二实施例为例,如图16和图17所示。

[0158] 在该第二实施例中,所述第一检测部除了包括第一检测元件41和第二检测元件42以外,还可以包括与上述两检测元件分别并联的第五检测元件43和第六检测元件44。优选地,第一检测元件41、第二检测元件42、第五检测元件43和第六检测元件44均配置为霍尔元件。

[0159] 第一检测元件41包括第一霍尔节点组41h,第一霍尔节点组41h包括第一霍尔节点h1、第二霍尔节点h2、第三霍尔节点h3和第四霍尔节点h4。第二检测元件42包括第二霍尔节点组42h,第二霍尔节点组42h包括第五霍尔节点h5、第六霍尔节点h6、第七霍尔节点h7和第八霍尔节点h8。

[0160] 优选地,第五检测元件43包括第五霍尔节点组43h,第六检测元件44包括第六霍尔节点组44h。四组所述霍尔节点组相互配合,共同形成所述第一检测部的所述检测节点,并至少形成所述第一检测部的所述电荷偏转节点和所述电荷排斥节点。

[0161] 其中,所述霍尔节点组可以配置为,第一霍尔节点组41h、第二霍尔节点组42h、第五霍尔节点组43h和第六霍尔节点组44h中的电荷偏转节点相互连接。

[0162] 具体地,在磁场方向沿第三方向D3的反方向布置,第一检测元件41上第一霍尔电

流 i_{11} 沿第一方向D1的反方向和第二方向D2的中间方向流动,第二检测元件42上第二霍尔电流 i_{12} 沿第一方向D1的反方向和第二方向D2的反方向的中间方向流动,第五检测元件43上第五霍尔电流 i_{13} 沿第一方向D1和第二方向D2的反方向的中间方向流动,第六检测元件44上第六霍尔电流 i_{14} 沿第一方向D1和第二方向D2的中间方向流动时,第一霍尔节点组41h中的第四霍尔节点h4为第一检测元件41的电荷偏转节点,第二霍尔节点组42h中的第七霍尔节点h7为第二检测元件42的电荷偏转节点,第五霍尔节点组43h中的第十霍尔节点h10为第五检测元件43的电荷偏转节点,第六霍尔节点组44h中的第十三霍尔节点h13为第六检测元件44的电荷偏转节点。

[0163] 第四霍尔节点h4、第七霍尔节点h7、第十霍尔节点h10和第十三霍尔节点h13相互连接,形成所述第一检测部的第四检测节点e4。在此种情况下,该第四检测节点e4可以作为所述第一检测部的所述第一电荷偏转节点。

[0164] 对应地,所述霍尔节点组可以配置为,第一霍尔节点组41h、第二霍尔节点组42h、第五霍尔节点组43h和第六霍尔节点组44h中的电荷排斥节点相互连接。

[0165] 在与上述方案中磁场方向和电流流向的配置相同的情况下,第一霍尔节点组41h中的第二霍尔节点h2为第一检测元件41的电荷排斥节点,第二霍尔节点组42h中的第五霍尔节点h5为第二检测元件42的电荷排斥节点,第五霍尔节点组43h中的第十二霍尔节点h12为第五检测元件43的电荷排斥节点,第六霍尔节点组44h中的第十五霍尔节点h15为第六检测元件44的电荷排斥节点。

[0166] 第二霍尔节点h2、第五霍尔节点h5、第十二霍尔节点h12和第十五霍尔节点h15相互连接,形成所述第一检测部的第二检测节点e2。在此种情况下,该第二检测节点e2可以作为所述第一检测部的所述第一电荷排斥节点。

[0167] 可以理解地,上述第一霍尔电流 i_{11} 、第二霍尔电流 i_{12} 、第五霍尔电流 i_{13} 和第六霍尔电流 i_{14} 都可以解释为第一检测部上所述第一参考电流的一部分。

[0168] 而对于上述霍尔电流的产生,与前一实施例相类似地,第一霍尔节点组41h中的第一霍尔节点h1,第二霍尔节点组42h中的第八霍尔节点h8,第五霍尔节点组43h中的第十一霍尔节点h11,以及第六霍尔节点组44h中的第十四霍尔节点h14可以相互连接,形成所述第一检测部的第一检测节点e1。在上述情况下,第一检测节点e1可以连接至所述供电端。

[0169] 对应地,第一霍尔节点组41h中的第三霍尔节点h3,第二霍尔节点组42h中的第六霍尔节点h6,第五霍尔节点组43h中的第九霍尔节点h9,以及第六霍尔节点组44h中的第十六霍尔节点h16可以相互连接,形成所述第一检测部的第三检测节点e3。在上述情况下,第三检测节点e3可以连接至所述参考地端。

[0170] 需要重申地,在一些实施方式中,所述第二检测部可以具有与上述第一检测部相同的内部结构。

[0171] 在本发明一实施方式中,还包括一运算控制电路,所述运算控制电路可以作为所述电流检测模块的一部分,也可以作为独立于所述电流检测模块的其他电路组成部分。

[0172] 在一种实施方式中,如图18所示,所述运算控制电路可以包括切换电路801和运算放大电路802(OP,Operational Amplifier)。切换电路801用于第一检测部400和第二检测部500,向所述检测部输出供电控制信号,并接收来自所述检测部输出的所述检测输出信号。运算放大电路802用于接收来自切换电路801输出的中间信号,进行运算放大处理后生

成所述电流检测信号。

[0173] 优选地,第一检测部400和第二检测部500上的所述检测节点相互连接并形成多个整体节点。所述整体节点中,一部分作为用于输出所述检测输出信号的输出节点12,另一部分作为接受供电控制信号的供电控制的节点。

[0174] 参考附图4提供的技术方案,则所述整体节点中的第三整体节点P3用于通过切换电路801连接至所述供电端或参考地端,所述整体节点中的第四整体节点P4用于通过切换电路801连接至所述参考地端或供电端。切换电路801可以配置为,控制所述第三整体节点P3和第四整体节点P4接入的电平。继续地,所述整体节点中的第一整体节点P1和第二整体节点P2则用于输出所述检测输出信号。

[0175] 此处值得强调地,本发明中在没有限制具体的连接方式的情况下,所用的“连接”或类似的描述,均可以表示直接连接或间接连接。所述间接连接可以表示通过某种媒介、通过电路中某个部分或通过某种元器件建立连接关系。在需要进行数据传输的情况下,所述连接关系还可以是通信连接。

[0176] 当然,在其他实施方式中,所述切换电路801还可以配置为,在以下控制方案中选择其中之一,对电流检测模块或其中的第一检测部400和第二检测部500进行控制。例如:

[0177] (1)控制第一整体节点P1接入供电电平(例如,供电端,下同),控制第二整体节点P2接入地电平(例如,参考地端,下同),接收来自第三整体节点P3和第四整体节点P4的检测输出信号。

[0178] (2)控制第一整体节点P1接入地电平,控制第二整体节点P2接入供电电平,接收来自第三整体节点P3和第四整体节点P4的检测输出信号。

[0179] (3)控制第三整体节点P3接入供电电平,控制第四整体节点P4接入地电平,接收来自第一整体节点P1和第二整体节点P2的检测输出信号。

[0180] (4)控制第三整体节点P3接入地电平,控制第四整体节点P4接入供电电平,接收来自第一整体节点P1和第二整体节点P2的检测输出信号。

[0181] 优选地,切换电路801可以配置为按照预设的时序执行上述控制。例如,切换电路801可以以上述四种控制逻辑全部完成一次作为一个控制周期,并使运算放大电路802按照所述控制周期进行动作。在一种优选的实施方式中,运算放大电路802可以综合上述四种控制方案对应的检测输出信号的平均值,输出所述电流检测信号。

[0182] 当然,所述运算放大电路802的输出,还可以经过一处理电路后,再形成所述电流检测信号。所述处理电路可以配置为,具有诸如多极放大、信号采样、信号运算(例如,多次采样相加或平均)、偏移校准(例如,温度校准与零点漂移校准),以及波纹去除等功能至少其中之一。

[0183] 在另一种实施方式中,所述第一检测部和所述第二检测部可能分别包括两个检测元件。此时,所述第一检测部和所述第二检测部可以通过所述切换电路、所述运算放大电路和/或所述处理电路来建立间接连接关系的。

[0184] 在图19示出的实施方式中,所述第一检测部包括第一检测元件41和第二检测元件42,两者相互连接形成第一整体节点P1、第二整体节点P2、第三整体节点P3和第四整体节点P4。所述切换电路包括第一切换电路8011,所述第一切换电路8011连接至上述四个整体节点,用于输出供电控制信号,以及接收来自其中输出节点12的检测输出信号。

[0185] 所述第二检测部包括第三检测元件51和第四检测元件52,两者相互连接形成第五整体节点P5、第六整体节点P6、第七整体节点P7和第八整体节点P8。所述切换电路包括第二切换电路8012,所述第二切换电路8012连接至上述四个整体节点,用于输出供电控制信号,以及接收来自其中输出节点12的检测输出信号。

[0186] 所述运算放大电路可以包括第一运算放大电路8021(OP1)和第二运算放大电路8022(OP2)。第一切换电路8011的输出端连接第一运算放大电路8021的输入端,第二切换电路8012的输出端连接第二运算放大电路8022的输入端。以完成对两组检测元件输出信号内容的初步处理。

[0187] 所述运算控制电路还可以包括一种处理电路803。第一运算放大电路8021和第二运算放大电路8022分别连接至处理电路803。所述处理电路803用于根据所述运算放大电路的输出,生成所述电流检测信号。

[0188] 为了屏蔽电路或模块组成部分之间的干扰,提升电流检测信号或其他信号输出的稳定性,本发明提供的电流检测模块还对封装结构做了特殊的设计。如图1、图2和图3所示,所述电流检测模块还包括设置于基板11和导体200之间的绝缘层600。如此,能够在导体200和磁场检测模块100均通电后,作为隔离介质层屏蔽两者之间的电干扰。

[0189] 优选地,绝缘层600的延展面积等于基板11的延展面积,或绝缘层600的延展面积大于基板11的延展面积。对于后者,可以是绝缘层600在第一方向D1上的延伸宽度等于基板11在第一方向D1上的延伸宽度,且绝缘层600在第二方向D2上的延伸长度大于基板11在第二方向D2上的延伸长度;也可以是绝缘层600在第一方向上的延伸宽度大于基板11在第一方向D1上的延伸宽度,且绝缘层600在第二方向D2上的延伸长度等于基板11在第二方向D2上的延伸长度;或者可以是,绝缘层600在第一方向上的延伸宽度大于基板11在第一方向D1上的延伸宽度,且绝缘层600在第二方向D2上的延伸长度大于基板11在第二方向D2上的延伸长度。

[0190] 在一种具体示例中,用于制备绝缘层600的材料可以包括石英(或称,玻璃)。具体可以是电子玻璃、光学玻璃、特种玻璃至少其中之一。在一种应用场景下,可以选择肖特AF32实现。如此,其整体耐压性能能够匹配聚亚酰胺胶带的性能。

[0191] 在另一种具体实例中,用于制备绝缘层600的材料可以包括晶圆与聚亚酰胺的组合。其中,所述晶圆可以由石英/玻璃,特别是电子玻璃、光学玻璃、特种玻璃至少其中之一制成。如此,绝缘层600的整体耐压性能,可以根据聚亚酰胺可涂覆的厚度来决定,晶圆作为基材能够提供具有足够机械强度的支撑。

[0192] 为了保证所述电流检测模块内部结构的稳定性,还可以对所述电流检测模块进行整体封装。优选地,引线端子300包括用于输出信号的引线自由段30,导体200包括用于接收信号,特别是用于接收待测电流的导体自由段20。基于此,所述电流检测模块还可以包括封装体700,封装体700用于封装所述电流检测模块中除引线自由段30和导体自由段20以外的其他部分。兼顾内部结构的稳定性和使用的可操作性。

[0193] 此外,导体200的导体自由段20和/或引线端子300的引线自由段30,还可以具有特殊的形态结构配置,以使所述电流检测模块被固定在其他电路板上时具有更好的效果。具体地,导体自由段20沿远离引线端子300的方向,且远离第一基板表面111的方向延伸并弯折。换言之,导体自由段20沿第一方向D1的反方向,以及第三方向D3的反方向延伸并弯

折。如此,导体自由段20的端部与导体200靠近基板11一侧的端部在第三方向D3不处于同一水平面,在将所述电流检测模块通过导体自由段20固定在其他平面上时,会将基板11及其上方的检测元件抬高。

[0194] 引线自由段30沿远离导体200的方向,且远离第一基板表面111的方向延伸并弯折。换言之,引线自由段30沿第一方向D1,以及第三方向D3的反方向延伸并弯折。如此,引线自由段30的端部与引线端子300靠近基板11一侧的端部在第三方向D3不处于同一水平面,在将所述电流检测模块通过引线自由段30固定在其他平面上时,会将基板11及其上方的检测元件抬高。

[0195] 在所述电流检测模块同时具有上述结构配置时,导体自由段20和引线自由段30在第三方向D3上的延伸和/或弯折方向可以配置为相同,导体自由段20和引线自由段30在第一方向D1上的延伸和/或弯折方向可以配置为相反。

[0196] 优选地,所述电流检测模块还可以包括至少两个电连接件81和至少两个电极82。从而,引线端子300依次通过电连接件81和电极82连接至基板11。如此,将基板11上,特别是磁场检测模块100的输出信号引入引线端子300并输出。

[0197] 电连接件81在一种实施方式中包括跨接线,电极82设置于第二基板表面112,引线端子300包括靠近第二基板表面112设置的第二引线表面32。基于此,所述跨接线一端连接第二引线表面32,所述跨接线另一端连接电极82。由于第二引线表面32和第二基板表面112相对于所述电流检测模块上的其他部分而言,位于第三方向D3上的同侧,换言之,定义第三方向D3为上,则第二引线表面32和第二基板表面112均位于所述电流检测模块的相对上侧。因此上述装配接线过程始终暴露在外,工艺要求成本低,良品率高且加工速度快。

[0198] 本发明一实施方式提供一种如图20所示的电流检测方法,所述方法包括下述步骤。

[0199] 步骤91,向一种电流检测模块通入待测电流。

[0200] 步骤92,接收来自电流检测模块输出的电流检测信号,运算处理得到电流检测信息。

[0201] 其中,所述电流检测模块可以是上述任一种技术方案所提供的电流检测模块。在一种情况下,所述电流检测信号可以是具有电压等形式的模拟信号,所述电流检测信息可以是一种携带有待测电流参数的数字信息。

[0202] 进一步地,结合图18、图20和图21所示,所述电流检测模块包括第一整体节点P1、第二整体节点P2、第三整体节点P3和第四整体节点P4。所述整体节点优选为所述电流检测模块中不同检测部或不同检测元件相连形成的。

[0203] 进一步地,所述电流检测模块还配置为,在第一整体节点P1和第二整体节点P2分别接入供电端和参考地端时,第三整体节点P3和第四整体节点P4作为输出节点12。在第三整体节点P3和第四整体节点P4分别接入供电端和参考地端时,第一整体节点P1和第二整体节点P2作为输出节点12。

[0204] 基于此,所述方法的第一实施例可以具体包括下述步骤。

[0205] 步骤911A,控制第一整体节点接入供电端,且第二整体节点接入参考地端,向电流检测模块通入待测电流。

[0206] 步骤921A,接收来自第三整体节点和第四整体节点的电流检测信号,对电流检测

信号执行差分放大运算。

[0207] 所述步骤911A和所述步骤921A相互对应,前者属于所述步骤91的一部分,后者属于所述步骤92的一部分。

[0208] 继续地,如图20和图22所示,所述方法的第二实施例可以具体包括下述步骤。

[0209] 步骤911B,控制第一整体节点接入参考地端,且第二整体节点接入供电端,向电流检测模块通入待测电流。

[0210] 步骤921B,接收来自第三整体节点和第四整体节点的电流检测信号,对电流检测信号执行差分放大运算。

[0211] 所述步骤911B和所述步骤921B相互对应,前者属于所述步骤91的一部分,后者属于所述步骤92的一部分。

[0212] 继续地,如图20和图23所示,所述方法的第三实施例可以具体包括下述步骤。

[0213] 步骤911C,控制第三整体节点接入供电端,且第四整体节点接入参考地端,向电流检测模块通入待测电流。

[0214] 步骤921C,接收来自第一整体节点和第二整体节点的电流检测信号,对电流检测信号执行差分放大运算。

[0215] 所述步骤911C和所述步骤921C相互对应,前者属于所述步骤91的一部分,后者属于所述步骤92的一部分。

[0216] 继续地,如图20和图24所示,所述方法的第四实施例可以具体包括下述步骤。

[0217] 步骤911D,控制第三整体节点接入参考地端,且第四整体节点接入供电端,向电流检测模块通入待测电流。

[0218] 步骤921D,接收来自第一整体节点和第二整体节点的电流检测信号,对电流检测信号执行差分放大运算。

[0219] 所述步骤911D和所述步骤921D相互对应,前者属于所述步骤91的一部分,后者属于所述步骤92的一部分。

[0220] 优选地,所述步骤91可以包括上述步骤911A、步骤911B、步骤911C和步骤911D至少其中之一,所述步骤92包含与步骤91中细化步骤相匹配的步骤921A、步骤921B、步骤921C和步骤921D至少其中之一。

[0221] 在一种实施方式中,所述步骤92中可以具体包括下述步骤。

[0222] 步骤922,对差分运算放大后的电流检测信号执行后数据处理,得到电流检测信息。

[0223] 其中,所述后数据处理包括多级放大处理、平均值运算、偏移校准和波纹去除至少其中之一。所述步骤922可以设置于上述步骤921A、步骤921B、步骤921C和步骤921D其中任一之后。在步骤92同时具备上述四种实施例所提供的细化步骤时,步骤922则设置于步骤921A、步骤921B、步骤921C和步骤921D中最后一个步骤之后。

[0224] 可以理解地,步骤921A、步骤921B、步骤921C和步骤921D没有先后顺序的限制。只要保证在其所对应的步骤911A、步骤911B、步骤911C和步骤911D之后即可。

[0225] 综上,本发明提供的电流检测模块,在一块基板上设置至少两个用于检测磁场的检测部,通过将其配置为对应外部磁场不输出电流检测信号,从而保持其在应对待测电流产生的磁场信号时,能够有效排除外部磁场的干扰,使其至少不会反映在输出的检测信号

上;两个检测部之间存在直接或间接的连接关系以形成输出节点,能够天然地形成均值输出和差分输出,并根据差分输出的内容产生电流检测信号,从而能够在节省一套采样电路的同时,避免对两个检测部交替采样的需求,缩短检测用时并提高电路集成度;两个检测部靠近导电体设置,能够增强检测部接收到磁场信号的强度,并且由于在封装前检测部暴露在基板和导电体之外,能够方便其与引线端子连接关系的建立,降低了封装工艺的难度和对电性连接结构的成本需求,提高了检测模块的良品率;如此,共同实现了兼顾高检测精度、低检测过程耗时、高响应速度、低电路复杂度和低成本的技术效果。

[0226] 应当理解,虽然本说明书按照实施方式加以描述,但并非每个实施方式仅包含一个独立的技术方案,说明书的这种叙述方式仅仅是为清楚起见,本领域技术人员应当将说明书作为一个整体,各实施方式中的技术方案也可以经适当组合,形成本领域技术人员可以理解的其他实施方式。

[0227] 上文所列出的一系列的详细说明仅仅是针对本发明的可行性实施方式的具体说明,它们并非用以限制本发明的保护范围,凡未脱离本发明技艺精神所作的等效实施方式或变更均应包含在本发明的保护范围之内。

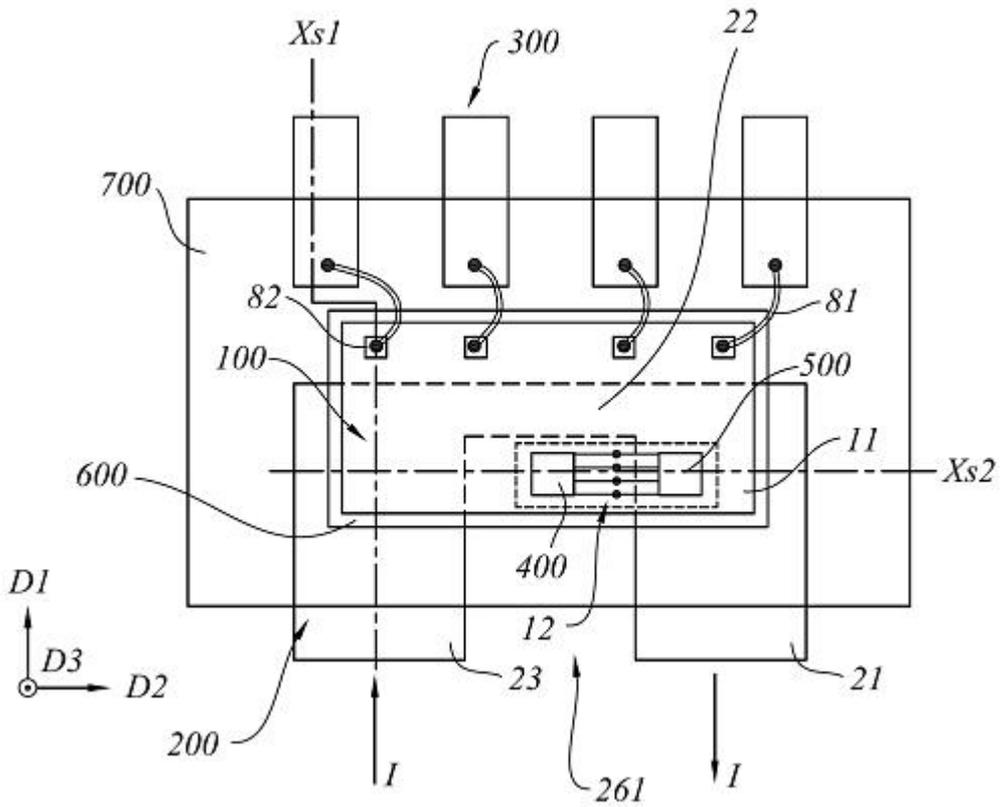


图1

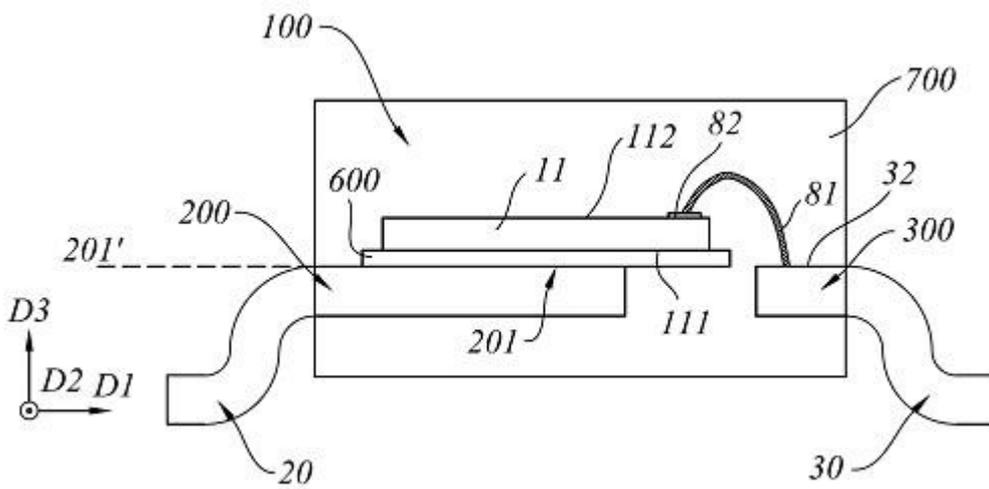


图2

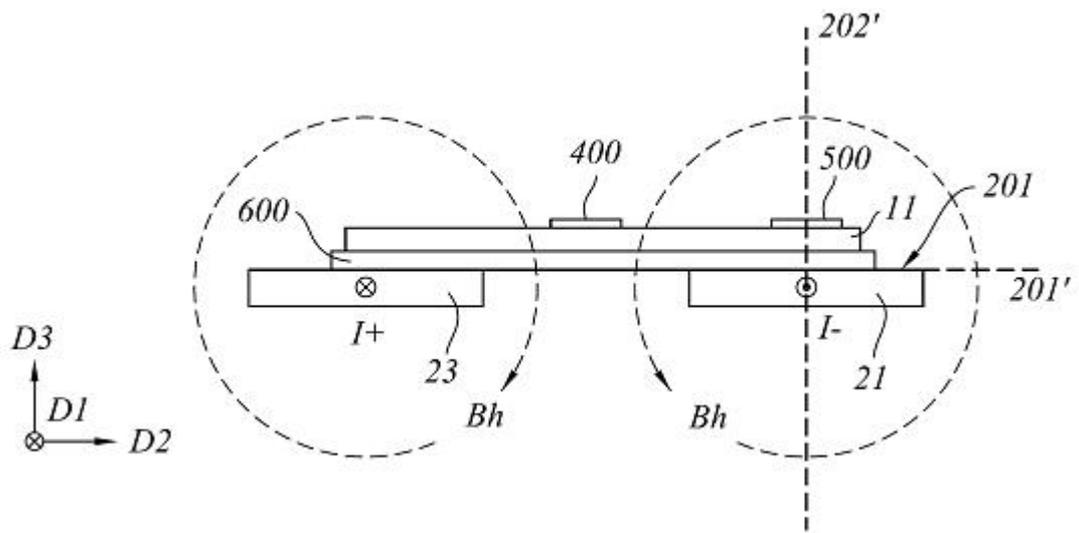


图3

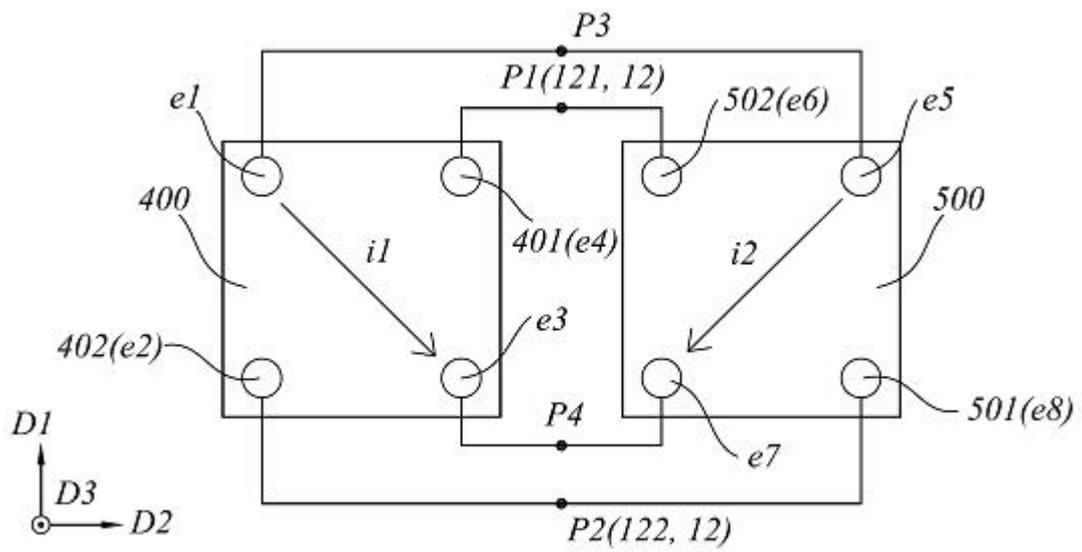


图4

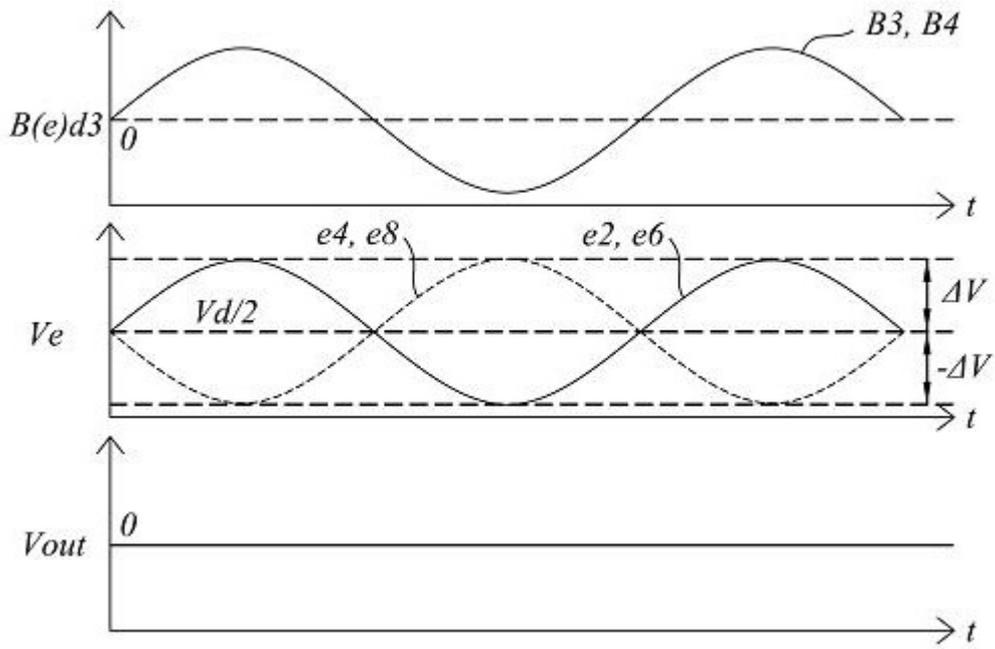


图5

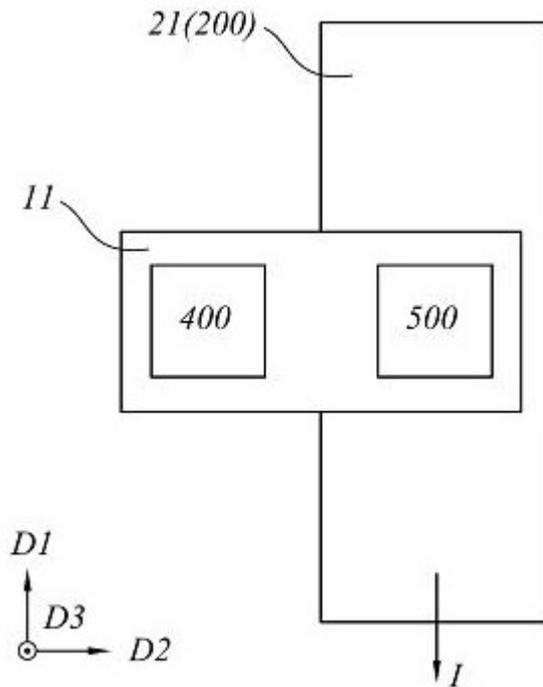


图6

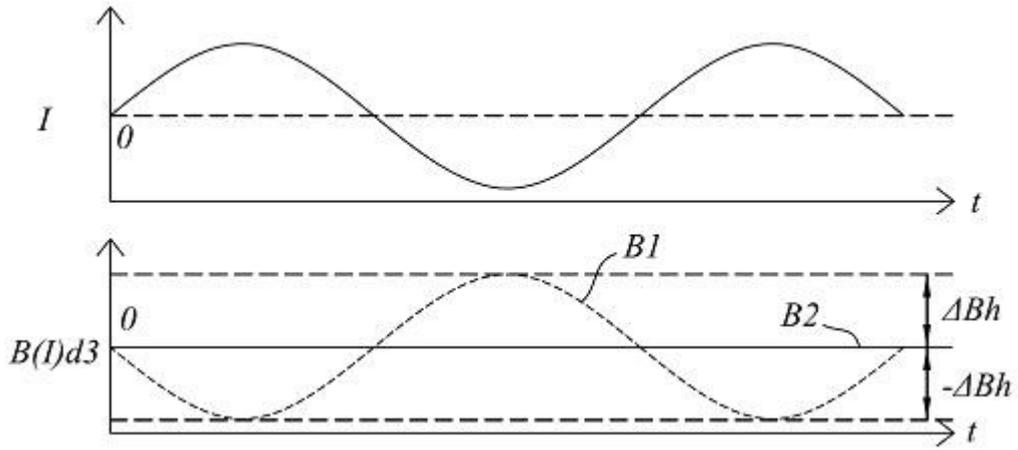


图7

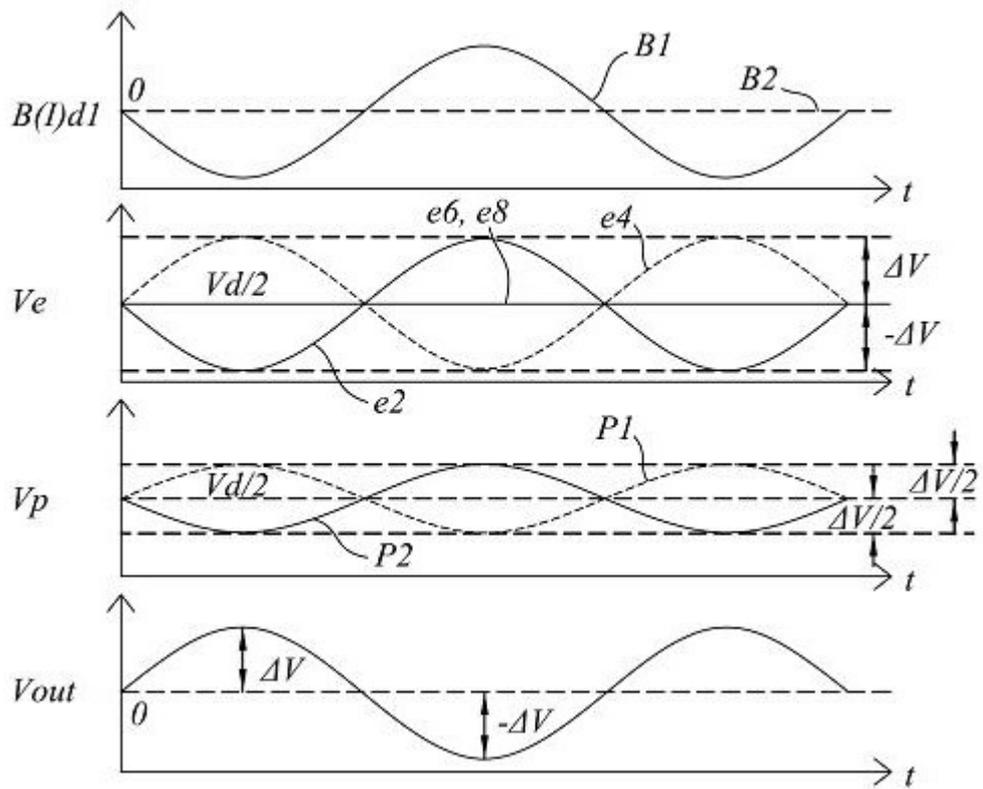


图8

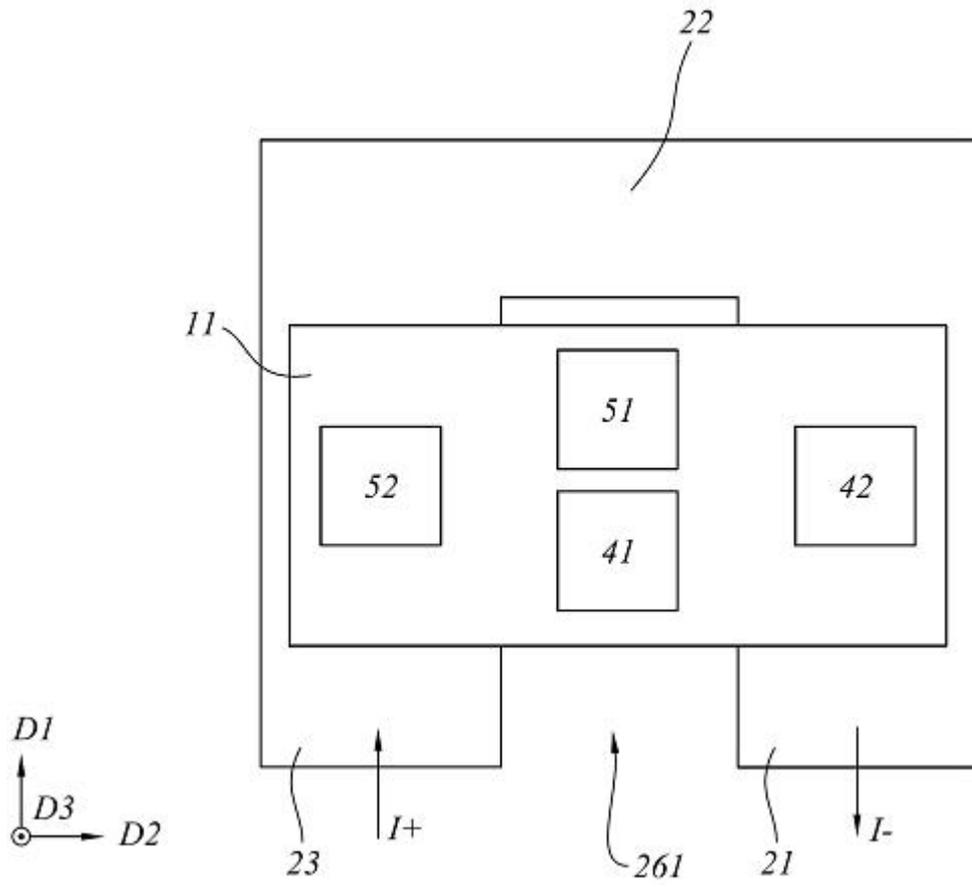


图9

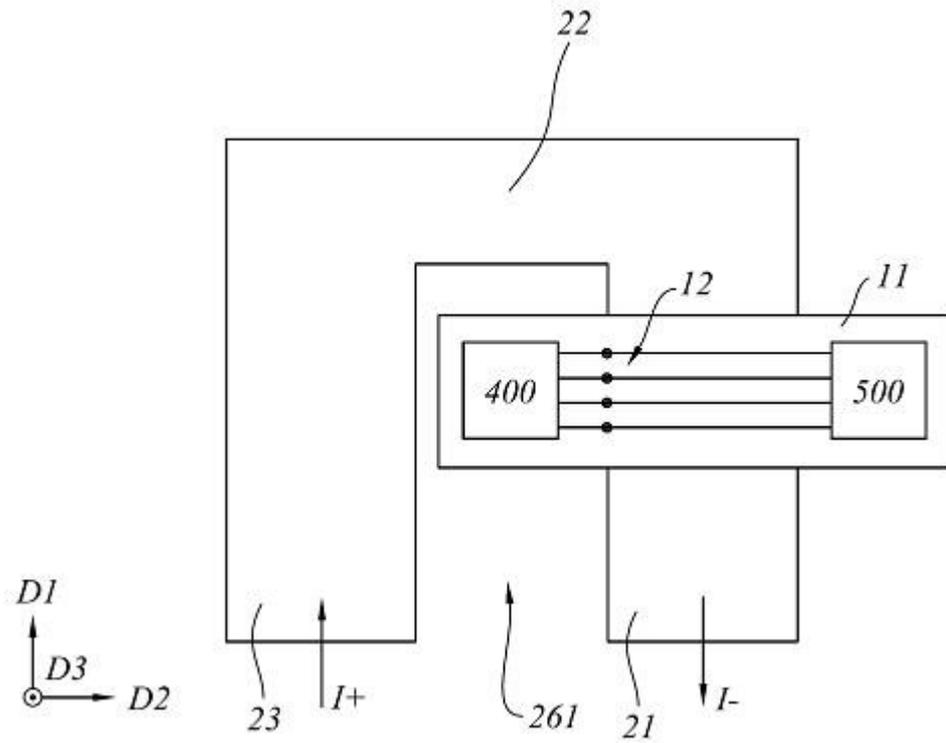


图10

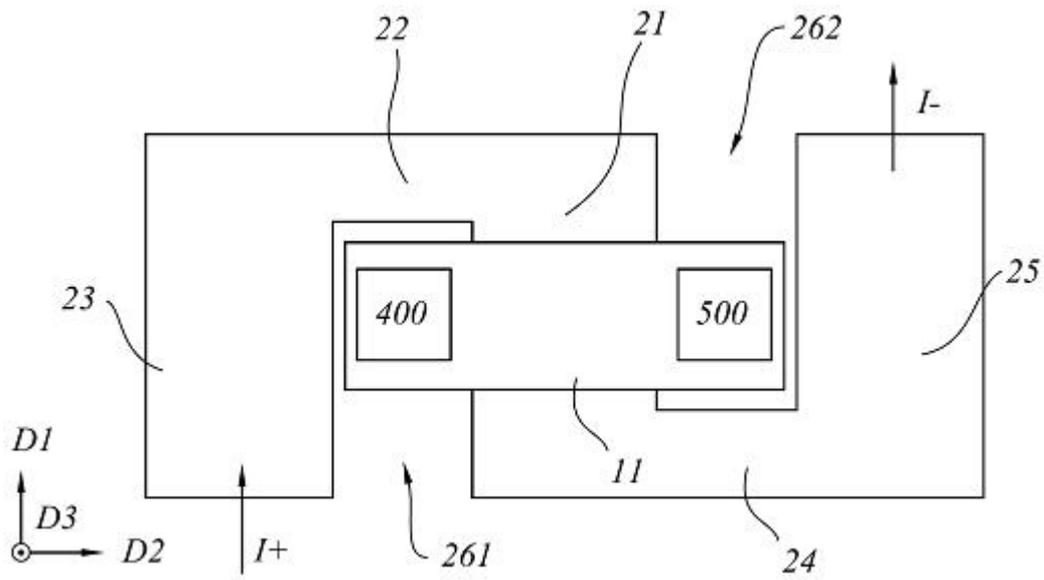


图11

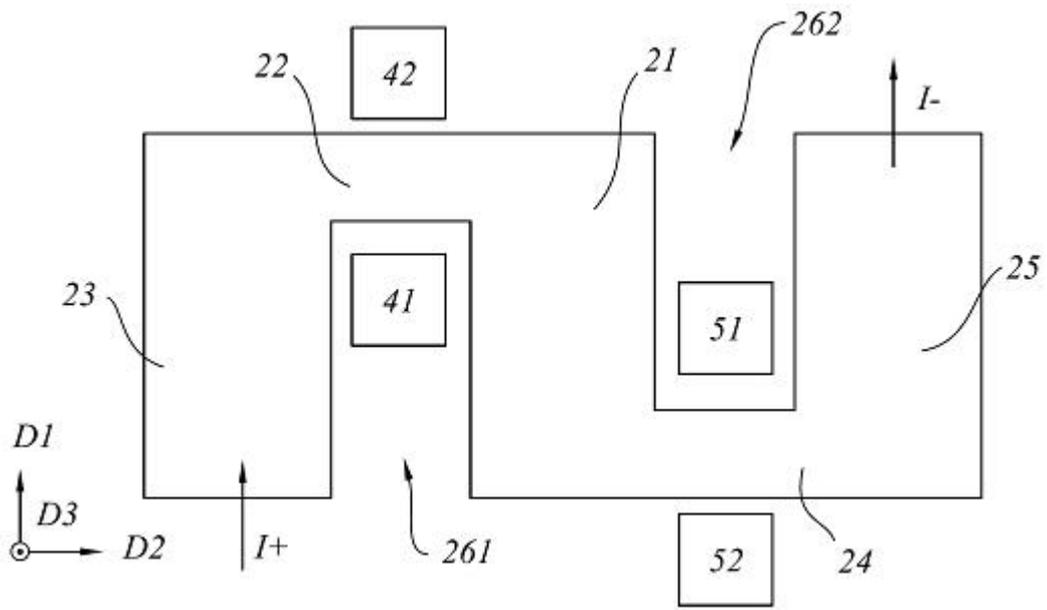


图12

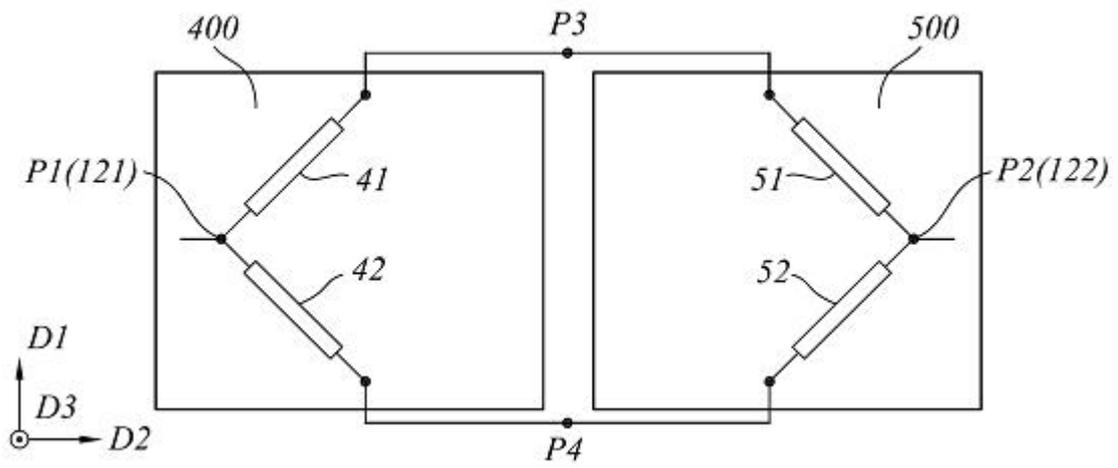


图13

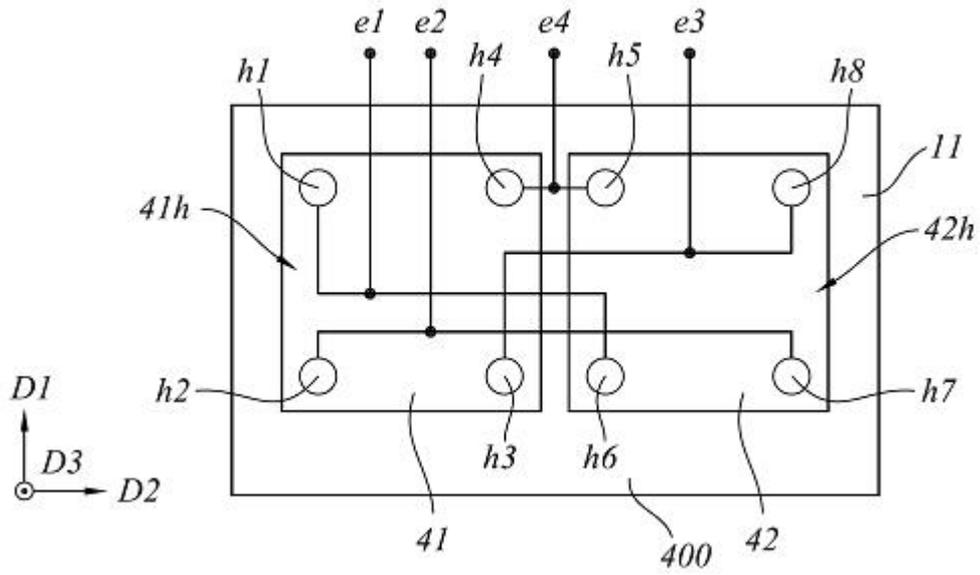


图14

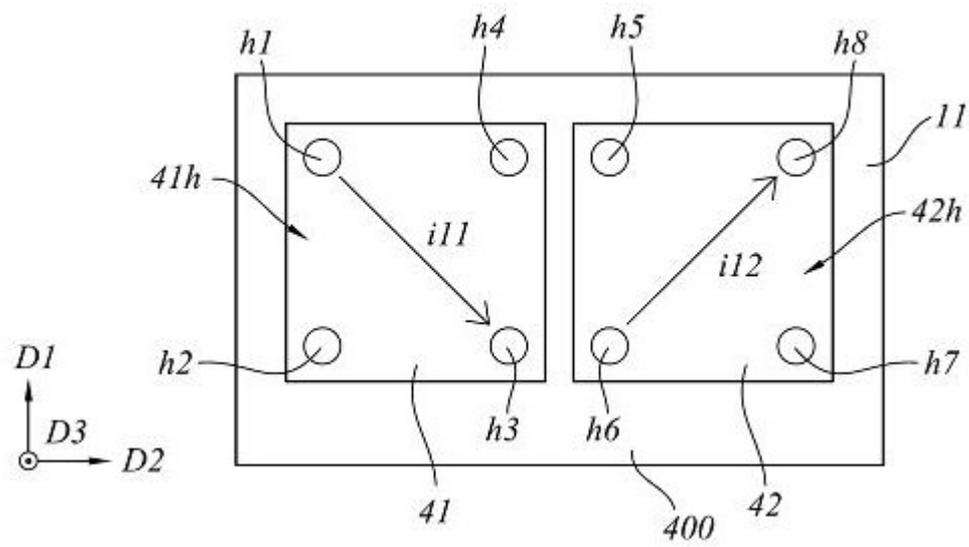


图15

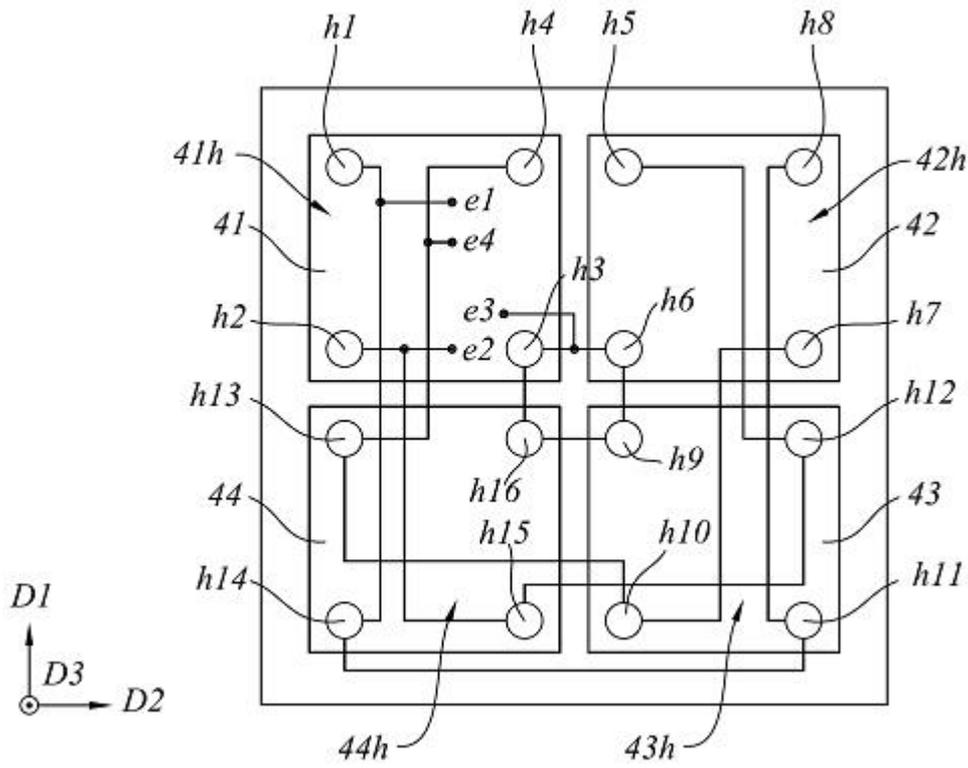


图16

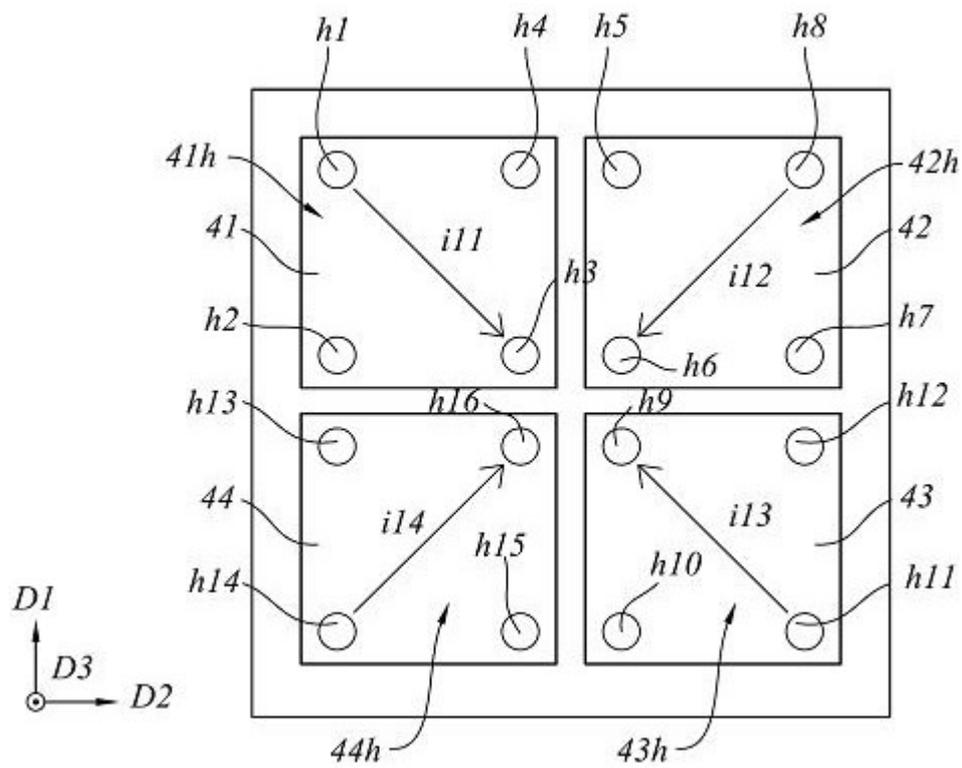


图17

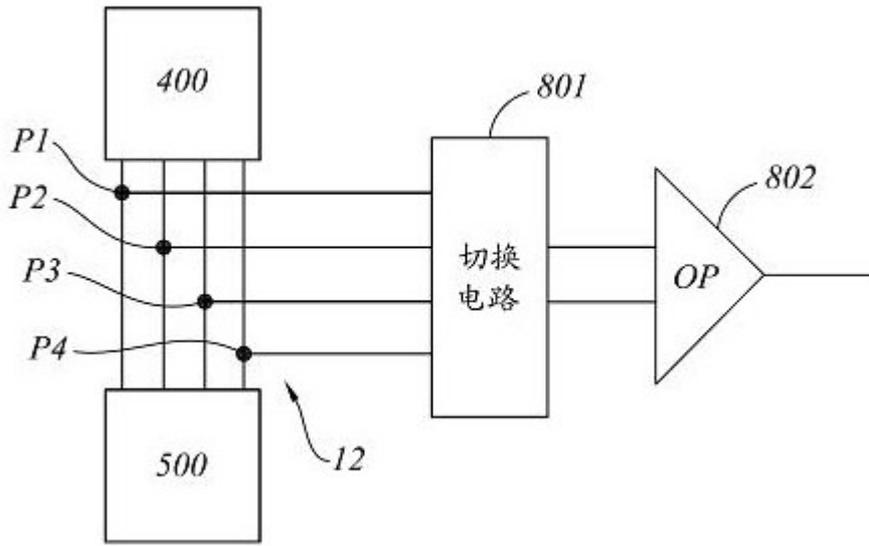


图18

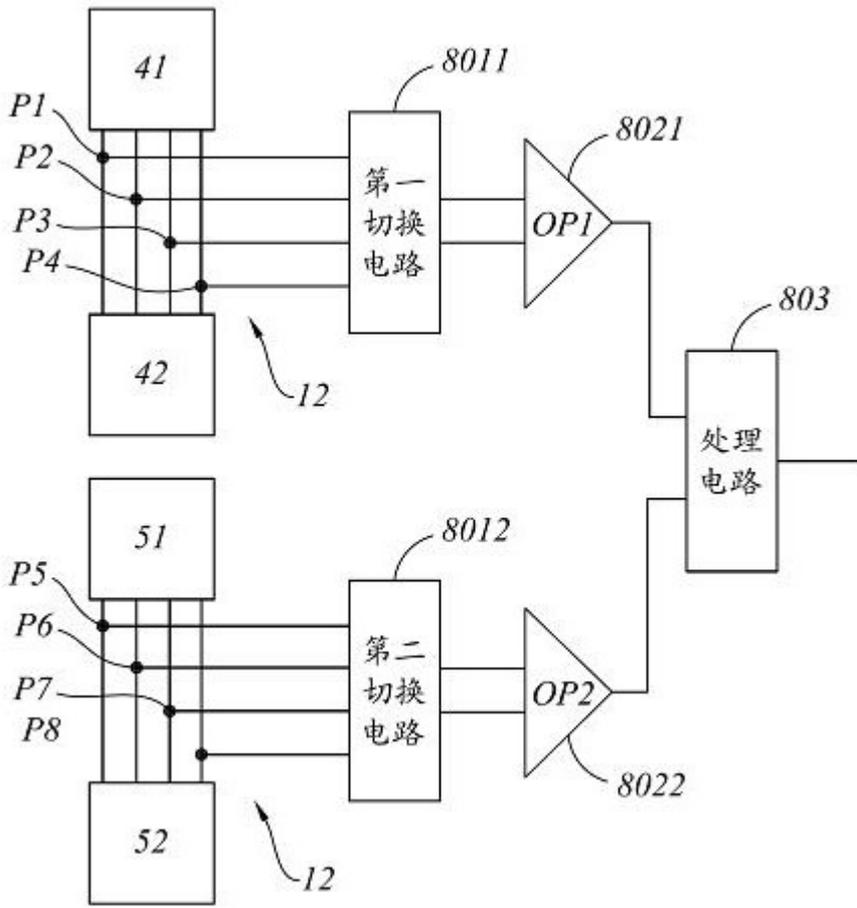


图19

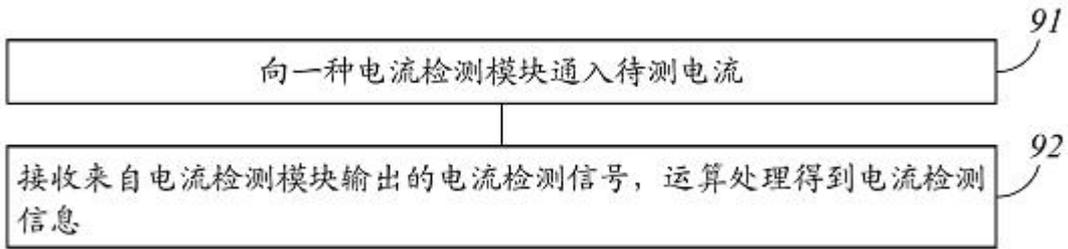


图20

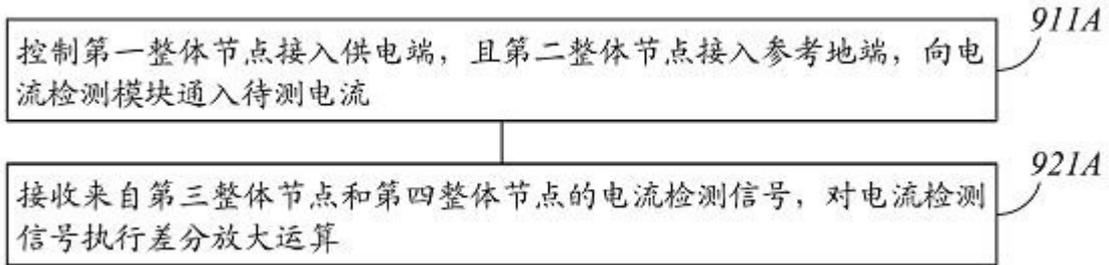


图21

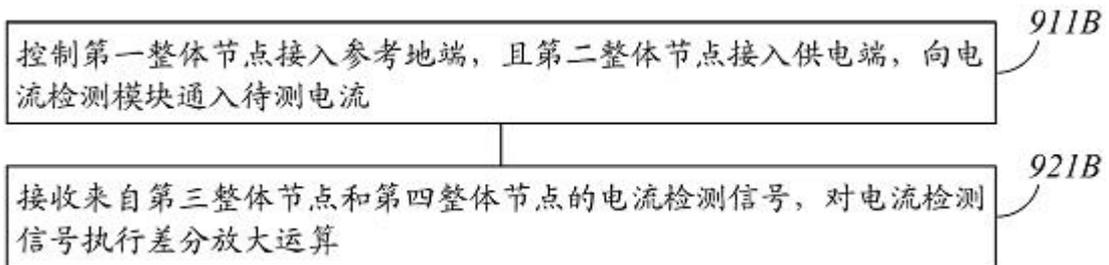


图22

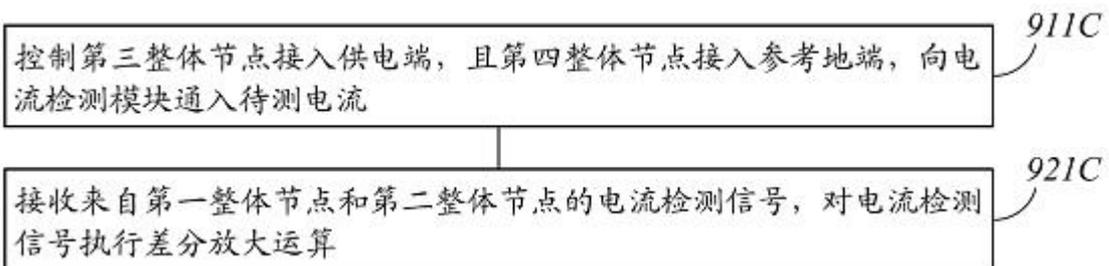


图23

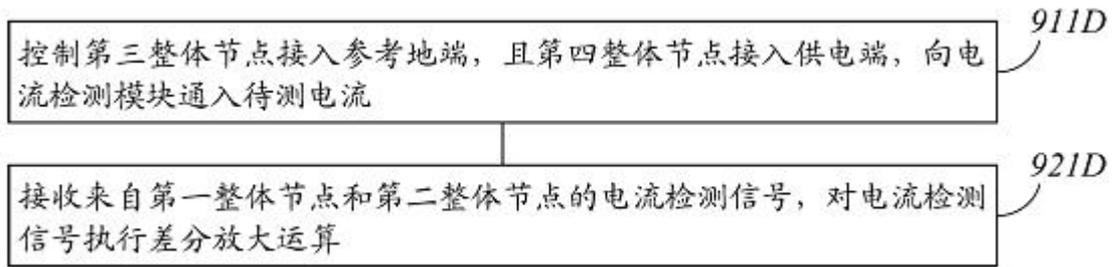


图24