



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105319429 A

(43) 申请公布日 2016. 02. 10

(21) 申请号 201510461388. X

(22) 申请日 2015. 07. 30

(30) 优先权数据

14/447053 2014. 07. 30 US

(71) 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 S. S. 查马蒂 S. L. 比茨

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 李强 周心志

(51) Int. Cl.

G01R 19/00(2006. 01)

G01R 15/18(2006. 01)

G01R 11/02(2006. 01)

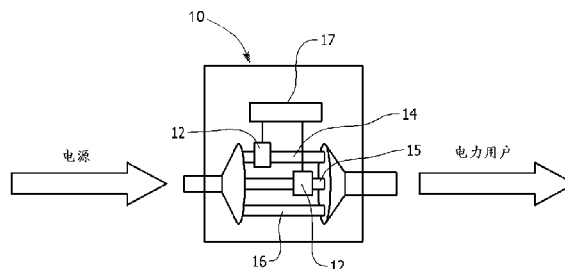
权利要求书1页 说明书13页 附图6页

(54) 发明名称

用于感测穿过导体的电流的传感器装置及方法

(57) 摘要

本发明涉及用于感测穿过导体的电流的传感器装置及方法。公开了一种电度表及相关方法。电度表包括定位成围绕导体来感测流过导体的电流的传感器装置。传感器装置包括非磁性衬底、包括围绕衬底卷绕的多个匝圈的线圈,以及具有介电常数且定位在线圈与导体之间的介电材料。电度表还包括表控制板,其与传感器装置连通来确定随着时间的推移而从电源通过导体传输至用户的电量。介电材料的介电常数选择成减小线圈与导体之间的电容耦合,且降低传感器装置的灵敏度,使得表控制板仅包括一个校准系数来在电流范围内校准传感器装置。



1. 一种用于将电能从电源传输至用户的电度表 (10), 所述电度表 (10) 包括:

传感器装置 (12), 其可定位成至少部分地围绕导体 (14) 来感测流过所述导体 (14) 的电流且输出代表所述感测电流的信号, 所述传感器装置 (12) 包括:

非磁性衬底 (102);

包括围绕所述衬底 (102) 卷绕的多个匝圈的线圈 (104), 所述线圈 (104) 限定孔口 (110), 所述导体 (14) 通过所述孔口 (110) 被接收; 以及

介电材料 (108), 其具有介电常数且定位成邻近所述线圈 (104) 且至少部分地在所述孔口 (110) 内, 使得所述介电材料 (108) 在所述导体 (14) 通过所述孔口 (110) 被接收时在所述线圈 (104) 与所述导体 (14) 之间; 以及

表控制板 (17), 其与所述传感器装置 (12) 连通来接收代表来自所述传感器装置 (12) 的所述感测电流的所述信号, 且确定随着时间的推移而通过所述导体 (14) 从所述电源传输至用户的电量;

其中所述介电材料 (108) 的介电常数选择成减小所述线圈 (104) 与所述导体 (14) 之间的电容耦合, 且因此降低所述传感器装置 (12) 的灵敏度, 使得所述表控制板 (17) 仅包括一个校准系数来在电流范围内校准所述传感器装置 (12); 以及

其中所述电流范围为约 2.0A 到约 25000A。

2. 根据权利要求 1 所述的电度表 (10), 其特征在于, 所述介电材料 (108) 包括热塑性材料和热固性材料中的至少一者。

3. 根据权利要求 2 所述的电度表 (10), 其特征在于, 所述介电材料 (108) 包括聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET) 材料和聚对苯二甲酸丁二酯 (PBT) 热塑性材料中的至少一者。

4. 根据权利要求 1 所述的电度表 (10), 其特征在于, 所述衬底 (102) 包括多个绕线筒 (124), 所述多个匝圈中的至少一个匝圈围绕所述多个绕线筒 (124) 中的各个卷绕。

5. 根据权利要求 1 所述的电度表 (10), 其特征在于, 所述电度表 (10) 还包括至少部分地定位在所述孔口 (110) 内的安装件 (116), 所述安装件 (116) 构造成支承定位在所述孔口 (110) 中的导体 (14), 且其中所述安装件 (116) 至少部分地由所述介电材料 (108) 制成。

6. 根据权利要求 5 所述的电度表 (10), 其特征在于, 所述电度表还包括至少部分地包围所述衬底 (102) 和所述线圈 (104) 的封壳 (112), 所述封壳 (112) 包括所述安装件 (116)。

7. 根据权利要求 1 所述的电度表 (10), 其特征在于, 所述介电材料 (108) 包围所述线圈 (104) 的至少一部分和所述衬底 (102) 的至少一部分。

8. 根据权利要求 7 所述的电度表 (10), 其特征在于, 所述传感器装置包括与所述导体 (104) 形成摩擦配合的安装件 (116), 其中所述安装件 (116) 在所述传感器装置 (12) 与所述导体 (14) 之间限定至少一个空气间隙 (106), 且其中所述安装件 (116) 包括所述介电材料 (108) 的至少一部分。

9. 根据权利要求 1 所述的电度表 (10), 其特征在于, 所述传感器装置 (12) 构造成在约 2.0 安到约 320 安的电流范围中, 在穿过所述导体 (14) 的实际电流的约 $\pm 0.2\%$ 内感测穿过所述导体 (14) 的电流。

10. 根据权利要求 1 所述的电度表 (10), 其特征在于, 所述传感器装置 (12) 构造成在约 2.0 安到约 25000 安的电流范围中, 在穿过所述导体 (14) 的实际电流的约 $\pm 0.5\%$ 内感测穿过所述导体 (14) 的电流。

用于感测穿过导体的电流的传感器装置及方法

[0001] 相关申请的交叉引用

本申请为继续部分申请,其请求享有 2011 年 9 月 9 日提交的题为“Sensor Devices and Methods for Use in Sensing Current Through a Conductor”的美国专利申请序列第 13/ 229, 038 号的权益,该申请的公开内容在此通过应用以其整体并入本文中。

技术领域

[0002] 本发明的领域总体上涉及传感器装置和方法,且更具体而言,涉及感测通过导体的电流。

背景技术

[0003] 至少一些已知的电度表用于测量从电源供应至用户的电力。为了能够精确地测量供应至用户的能量数额,电度表常常包括一个或多个传感器装置以感测流过电源与用户之间的导体的电流。当包含在电度表中时,传感器装置意图在运行的电压和 / 或电流范围内精确地工作。

[0004] 多种已知的电流传感器装置在电度表中使用。例如,至少一些已知的互感器式传感器装置包括在其上卷绕有磁线以感测流过导体的电流的磁芯。然而,通常已知的是包括互感器的电流传感器装置体积庞大且昂贵。具有磁芯的电流传感器装置可能易受外部磁场影响。暴露于外部磁场降低了磁芯电流传感器装置的准确性,且有时,准确性可降低至电流装置仅记录电流装置应当感测到的电流的 8% 那样小的程度。温度循环也可影响电流传感器的磁芯,且引起降低电流传感器的准确性的磁性漂移。

[0005] 已知的电流传感器装置的另一实例是罗氏 (Rogowski) 线圈。罗氏线圈包括线圈并且通常小于互感器式传感器装置。然而,已知的是罗氏线圈在一电压范围内的低电流和 / 或高电流状态期间仅提供受限的精度。结果,在制造期间,具有已知罗氏线圈的电度表常常经历多个校准过程以最大限度地减小这些不精确性的影响。尽管这些重复的校准过程可减少此类传感器装置的不精确性,但这些过程也增加了电度表的制造时间和成本。

发明内容

[0006] 在一个实施例中,提供了中用于将电能从电源传输至用户的电度表。电度表包括可至少部分地定位成围绕导体的传感器装置,以感测流过导体的电流且输出代表感测电流的信号。传感器装置包括:非磁性衬底;包括围绕衬底的多个匝圈的线圈,其中,线圈限定孔口,导体通过孔口被接收;以及介电材料,介电材料具有一定介电常数且定位成邻近线圈且至少部分在孔口内,使得介电材料在导体通过孔口被接收时在线圈与导体之间。电度表还包括表控制板,其与传感器装置连通来接收代表来自传感器装置的感测电流的信号,且确定随着时间的推移从电源通过导体传输至用户的电量。介电材料的介电常数选择成减小线圈与导体之间的电容耦合,且因此减小传感器装置的灵敏度,使得表控制板仅包括一个校准系数来在电流范围内校准传感器装置,且其中电流范围为约 2.0A 到约 25000A。

[0007] 在另一个实施例中,提供了一种制造用于电能从电源传输至用户的电度表的方法。该方法包括提供可至少部分地定位成围绕导体的传感器装置,以感测流过导体的电流且输出代表感测电流的信号。提供传感器装置包括形成线圈,线圈包括围绕非磁性衬底的多个匝圈,其中线圈限定孔口,导体通过孔口被接收,并且提供传感器装置包括将介电材料定位成邻近线圈且至少部分在孔口内的,使得介电材料在导体通过孔口被接收时在线圈与导体之间。该方法还包括使表控制板与传感器装置连接来接收代表来自传感器装置的感测电流的信号,且确定随着时间的推移从电源通过导体传输至用户的电量,且选择介电材料,使得介电材料的介电常数减小线圈与导体之间的电容耦合,且因此减小传感器装置的灵敏度,使得表控制板仅包括一个校准系数来用于在电流范围内校准传感器装置,其中电流范围为约 2.0A 到约 25000A。

[0008] 技术方案 1. 一种用于将电能从电源传输至用户的电度表,所述电度表包括:

传感器装置,其可定位成至少部分地围绕导体来感测流过所述导体的电流且输出代表所述感测电流的信号,所述传感器装置包括:

非磁性衬底;

包括围绕所述衬底卷绕的多个匝圈的线圈,所述线圈限定孔口,所述导体通过所述孔口被接收;以及

介电材料,其具有介电常数且定位成邻近所述线圈且至少部分地在所述孔口内,使得所述介电材料在所述导体通过所述孔口被接收时在所述线圈与所述导体之间;以及

表控制板,其与所述传感器装置连通来接收代表来自所述传感器装置的所述感测电流的所述信号,且确定随着时间的推移而通过所述导体从所述电源传输至用户的电量;

其中所述介电材料的介电常数选择成减小所述线圈与所述导体之间的电容耦合,且因此降低所述传感器装置的灵敏度,使得所述表控制板仅包括一个校准系数来在电流范围内校准所述传感器装置;以及

其中所述电流范围为约 2.0A 到约 25000A。

[0009] 技术方案 2. 根据技术方案 1 所述的电度表,其特征在于,所述介电材料包括热塑性材料和热固性材料中的至少一者。

[0010] 技术方案 3. 根据技术方案 2 所述的电度表,其特征在于,所述介电材料包括聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET) 材料和聚对苯二甲酸丁二酯 (PBT) 热塑性材料中的至少一者。

[0011] 技术方案 4. 根据技术方案 1 所述的电度表,其特征在于,所述衬底包括多个绕线筒,所述多个匝圈中的至少一个匝圈围绕所述多个绕线筒中的各个卷绕。

[0012] 技术方案 5. 根据技术方案 1 所述的电度表,其特征在于,所述电度表还包括至少部分地定位在所述孔口内的安装件,所述安装件构造成支承定位在所述孔口中的导体,且其中所述安装件至少部分地由所述介电材料制成。

[0013] 技术方案 6. 根据技术方案 5 所述的电度表,其特征在于,所述电度表还包括至少部分地包围所述衬底和所述线圈的封壳,所述封壳包括所述安装件。

[0014] 技术方案 7. 根据技术方案 1 所述的电度表,其特征在于,所述介电材料包围所述线圈的至少一部分和所述衬底的至少一部分。

[0015] 技术方案 8. 根据技术方案 7 所述的电度表,其特征在于,所述传感器装置包括与所述导体形成摩擦配合的安装件,其中所述安装件在所述传感器装置与所述导体之间限定

至少一个空气间隙,且其中所述安装件包括所述介电材料的至少一部分。

[0016] 技术方案 9. 根据技术方案 1 所述的电度表,其特征在于,所述传感器装置构造成在约 2.0 安到约 320 安的电流范围中,在穿过所述导体的实际电流的约 $\pm 0.2\%$ 内感测穿过所述导体的电流。

[0017] 技术方案 10. 根据技术方案 1 所述的电度表,其特征在于,所述传感器装置构造成在约 2.0 安到约 25000 安的电流范围中,在穿过所述导体的实际电流的约 $\pm 0.5\%$ 内感测穿过所述导体的电流。

[0018] 技术方案 11. 根据技术方案 8 所述的电度表,其特征在于,所述衬底包括多个绕线筒,其中所述多个匝圈中的至少一个匝圈设置成围绕所述多个绕线筒中的各个,且其中所述多个绕线筒中的各个均包括热塑性材料。

[0019] 技术方案 12. 根据技术方案 11 所述的电度表,其特征在于,所述导体包括汇流条和多股式导线。

[0020] 技术方案 13. 根据技术方案 8 所述的电度表,其特征在于,所述电度表还包括第二传感器装置,其可定位成至少部分地围绕第二导体,且与所述表控制板连通。

[0021] 技术方案 14. 根据技术方案 13 所述的电度表,其特征在于,所述电度表还包括第三传感器装置,其可定位成至少部分地围绕第三导体,且与所述表控制板连通。

[0022] 技术方案 15. 一种制造用于将电能从电源传输至用户的电度表的方法,所述方法包括:

提供传感器装置,其可定位成至少部分地围绕导体来感测流过所述导体的电流且输出代表所述感测电流的信号,其中提供所述传感器装置包括:

形成包括围绕非磁性衬底卷绕的多个匝圈的线圈,所述线圈限定孔口,所述导体通过孔口被接收;以及

将介电材料定位成邻近所述线圈且至少部分地在所述孔口内,使得所述介电材料在所述导体通过所述孔口被接收时在所述线圈与所述导体之间;以及

使表控制板与所述传感器装置连接来接收代表来自所述传感器装置的所述感测电流的所述信号,且确定随着时间的推移通过所述导体从所述电源传输至用户的电量;

选择所述介电材料使得所述介电材料的介电常数减小所述线圈与所述导体之间的电容耦合,且因此减小所述传感器装置的灵敏度,使得所述表控制板仅包括一个校准系数来在电流范围内校准所述传感器装置;以及

其中所述电流范围为约 2.0A 到约 25000A。

[0023] 技术方案 16. 根据技术方案 15 所述的方法,其特征在于,将所述介电材料定位成邻近所述线圈包括将所述线圈至少部分地包围在封壳内,所述封壳包括所述介电材料。

[0024] 技术方案 17. 根据技术方案 15 所述的方法,其特征在于,形成所述线圈包括将所述线圈的至少一个匝圈卷绕在所述衬底的多个绕线筒中的各个上。

[0025] 技术方案 18. 根据技术方案 15 所述的方法,其特征在于,所述方法还包括将所述传感器装置构造成在约 2.0 安到约 320 安的电流范围中,在穿过所述导体的实际电流的约 $\pm 0.2\%$ 内感测穿过所述导体的电流。

[0026] 技术方案 19. 根据技术方案 15 所述的方法,其特征在于,所述方法还包括将所述传感器装置构造成在约 2.0 安到约 25000 安的电流范围中,在穿过所述导体的实际电流的

约 $\pm 0.5\%$ 内感测穿过所述导体的电流。

[0027] 技术方案 20. 根据技术方案 15 所述的方法, 其特征在于, 所述方法还包括:
将第二传感器装置定位成至少部分地围绕第二导体; 以及
将第三传感器装置定位成至少部分地围绕第三导体;
其中所述第二传感器装置和所述第三传感器装置与所述表控制板连接。

附图说明

[0028] 图 1 是包括示例性传感器装置的示例性电度表的框图。
[0029] 图 2 是图 1 中所示的传感器装置的部分地拆卸的视图。
[0030] 图 3 是图 1 中所示的传感器装置的透视图。
[0031] 图 4 是图 1 中所示的传感器装置的平面图。
[0032] 图 5 是与图 1 中所示的传感器装置一起使用的示例性衬底和线圈的透视图。
[0033] 图 6 是可与图 1 中所示的传感器装置一起使用的示例性绕线筒的截面图。
[0034] 图 7 是可与图 1 中所示的传感器装置一起使用的示例性线圈和屏蔽体的电路图。
[0035] 图 8 是包括四根引线的示例性传感器装置的透视图。
[0036] 图 9 是可与图 8 中所示的传感器装置一起使用的示例性线圈和屏蔽体的电路图。
[0037] 部件列表:

- 10 电度表
- 12 传感器装置
- 14 导体
- 15 导体
- 16 导体
- 17 表控制板
- 102 衬底
- 104 线圈
- 106 空气间隙
- 108 介电材料
- 110 孔口
- 112 封壳
- 116 安装件
- 118 第一部分
- 120 第二部分
- 124 绕线筒
- 126 绕线筒
- 128 绕线筒
- 130 绕线筒
- 132 绕线筒
- 134 绕线筒
- 135 凸缘

136 引线
137 铰接接头
138 引线
140 第一屏蔽体
142 第二屏蔽体
144 引线
200 传感器装置
204 线圈
236 引线
238 引线
240 第一屏蔽体
242 第二屏蔽体
244 引线
245 引线。

具体实施方式

[0038] 图 1 示出了示例性电度表 10 的框图。在示例性实施例中,电度表 10 包括传感器装置 12、导体 14 和联接到传感器装置 12 上的表控制板 17。导体 14 可包括汇流条、多股式导线、单股式导线、电缆或其它合适的导体,以将来自电源的电力传输至电力用户。电源可包括而不限于电网和 / 或发电机系统,例如燃气涡轮发动机、水力发电涡轮机、风力涡轮机、太阳能电池板,和 / 或其它合适的发电和 / 或传输系统。电源还可包括与表控制板 17 连通的智能电网。用户可包括而不限于住宅用户、商业用户和 / 或任何层次的任何其他电力用户。传感器装置 12 联接到导体 14 上以感测流过导体 14 的电流。传感器装置 12 向表控制板 17 提供代表所感测电流的信号。基于从传感器装置 12 接收的信号,表控制板 17 确定随着时间的推移而经导体 14 从电源传输至用户的电量。

[0039] 由于从电源转移到用户的电力可能要收费,故希望传感器装置 12 非常精确以确保用户基本上仅对所接收的电力付费,而不是基本上对电源运营商传输至用户的全部电力付费。

[0040] 在该示例性实施例中,电度表 10 还包括导体 15 和 16 以及联接到导体 15 上的另一个传感器装置 12。应了解,任何数量的导体和 / 或传感器装置(例如一个、三个、六个等)都可用于其它电度表实施例中。此外,应了解的是传感器装置 12 并不限于仅在电度表 10 内使用,而是可在实质上任何应用中用来感测通过导体的电流,例如发电应用、公用事业、汽车应用、家用电器应用、电讯应用等。

[0041] 图 2 是示例性传感器装置 12 的部分地拆卸的视图。在示例性实施例中,传感器装置 12 包括衬底 102、包括围绕衬底 102 卷绕的多个匝圈的线圈 104,以及介电材料 108。线圈 104 包括限定在其中的孔口 110,该孔口构造成(例如在尺寸、定向和 / 或形状等方面)用以将导体 14 接收于其中。介电材料 108 位于线圈 104 附近并至少部分地位于孔口 110 内。更具体而言,在此实施例中,当导体 14 定位成穿过孔口 110 时,介电材料 108 至少部分地定位在线圈 104 与导体 14 之间。

[0042] 介电材料 108 可包括具有以各种方式构成的各种特性的一种或多种介电材料。例如,介电材料 108 可具有在约 10-1000Hz 时等于或大于约 3.0 的介电常数。在一些实施例中,该介电常数可大于约 3.5、约 4.0、约 5.0、约 8.0、约 12.0、约 17.0 和 / 或任何其它合适的介电常数。在一个示例性实施例中,介电材料 108 的介电常数可大致等于约 3.5。在另一示例性实施例中,介电材料 108 的介电常数可大致等于约 6.0。

[0043] 此外,介电材料 108 具有至少一个厚度,并且可具有多种厚度。在示例性实施例中,位于线圈 104 附近并至少部分地位于孔口 110 内的介电材料 108 具有约 3.0 毫米的厚度。此外,在同一实施例中,位于线圈 104 附近但与孔口 110 相对的介电材料 108 具有约 1.2 毫米的厚度。应了解,介电材料 108 可具有使传感器装置 12 能够如文中所述那样起作用的任何厚度或多个厚度。一般而言,介电材料 108 的厚度至少部分地基于介电材料 108 的介电常数、线圈 104 与一个或多个导体 14、15 和 16 的接近性,和 / 或用于安装传感器装置的预期环境中可获得的空间等来选择。在一些示范实施例中,介电材料 108 的厚度可在从约 1.0 毫米至约 3.0 厘米的范围内,或者在另外的其它实施例中更大。

[0044] 在示例性实施例中,介电材料 108 可由若干种材料中的一种或多种制成,例如而不仅限于塑料材料、热塑性材料、热固性材料、陶瓷材料、金属材料、木质材料、粘土材料、有机材料、它们的任何混合物,和 / 或适合如文中所述那样起作用的其它材料。在图 2 的示例性实施例中,介电材料 108 包括可从 Valox® 材料系列商购的 PBT 热塑性材料。在各种实施例中,介电材料 108 包括而不仅限于以下材料中的一种或多种:Kapton® 带、聚偏二氟乙烯 (PVDF) 材料、室温硫化硅胶 (RTV) 聚合物、可从 Valox® 材料系列商购的 PBT 热塑性材料 (例如 Valox® 365 或 Valox® V9561)、来自 Rynite® 材料系列的聚对苯二甲酸乙二酯 (PET) 热塑性材料、可从 Ryton® 材料系列商购的 PPS 热塑性材料、可从 Primef® 材料系列商购的 PPS 热塑性材料、可从 Zytel®、Stanyl® 或 RTP® 材料系列商购的尼龙热塑性材料、LCP 热塑性材料 (例如 Sumitomo® E5008L 或 E4008L 材料) 等。介电材料 108 中的一种或多种可基于 (多种) 材料的介电常数、对一种或多种制造技术的适用性、尺寸稳定性、成本、可塑性、可加工性、刚性,和 / 或其它特性来选择。在至少一个实例中,介电材料 108 至少部分地基于其介电常数相对于温度的变化性来选择。

[0045] 图 3 是导体 14 穿过孔口 110 延伸的传感器装置 12 (示出为已组装) 的透视图。如上所述,传感器装置 12 感测流过导体 14 的电流。具体而言,当电流流过导体 14 时,在线圈 104 中感生电流。在线圈 104 中感生的电流量代表流过导体 14 的电流量。当传感器装置 12 围绕导体 14 定位时,线圈 104 与导体 14 间隔一距离。因此,在线圈 104 与导体 14 之间存在电容。该电容可影响传感器装置 12 在不同运行电压 (例如范围从约 30V 至约 277V) 的精度。在示例性实施例中,介电材料 108 位于限定在线圈 104 与导体 14 之间的空气间隙 106 的至少一部分内。结果,介电材料 108 影响和 / 或有利于线圈 104 与导体 14 之间电容的减小,同时允许线圈 104 和导体 14 保持紧密贴近。

[0046] 电容的减小使得传感器装置 12 与已知的罗氏线圈或其它空气间隙线圈相比能够以提高的精度感测流过导体 14 的电流。更具体而言,通过减小在线圈 104 与导体 14 之间的电容耦合,减小了对运行电压的敏感度。结果,在横跨一范围的不同电流 (包括高电流和低电流) 的不同运行电压提供了一致的电流感测。因此,当电度表 10 中包括传感器装置 12 时,可省略校准已知传感器装置所需的一个或多个过程。具体而言,在示例性实施例中,与

在不同电压需要使用多个校准系数的已知电度表相比,传感器装置 12 横跨不同的运行电压精确地检测电流的一致性可允许表控制板 17 对多个运行电压仅使用一个校准系数。此外,线圈 104 与导体 14 之间电容的减小不仅有利于减少和 / 或简化校准过程,而且有利于横跨运行电压 / 电流范围以至少相同且常常提高的精度来减少制造成本、资源和 / 或时间。

[0047] 如图 3 中所示,在该示例性实施例中,传感器装置 12 包括封壳 112。封壳 112 可由各种材料和 / 或通过各种制造工艺形成。在示例性实施例中,封壳 112 基本上仅包括介电材料 108,使得介电材料 108 位于线圈 104 周围,与孔口 110 相对。因此,当在具有三相导体 14、15 和 16 的电度表 10 内使用时,传感器装置 12 可围绕导体 14 定位并接近至少一个其它导体 15 (如图 1 中所示),并潜在地接近导体 16。类似于线圈 104 与导体 14 之间的相互作用,在线圈 104 与导体 15 之间存在电容,该电容可不利地影响和 / 或降低传感器装置 12 的精度。由于与孔口 110 相对的介电材料 108 的定位,介电材料 108 位于线圈 104 与邻近的导体 15 之间。因此,介电材料 108 还被提供用来减小线圈 104 与导体 15 之间的电容。这样,传感器装置 12 当用于具有多个导体的电度表 10 中时和 / 或当紧密贴近一个或多个其它导体使用时,与已知的空气间隙线圈相比可提供提高的精度。

[0048] 在一些实施例中,封壳 112 除介电材料 108 外可包括一种或多种材料,例如具有不同特性的非介电材料或介电材料。在一个实施例中,封壳 112 包括介电材料 108 和附加材料,该附加材料被提供用来相对于线圈 104 将介电材料 108 支承在一个或多个位置以使其能够如文中所述那样起作用。该附加材料可包括塑料材料、热塑性材料、热固性材料、陶瓷材料、金属材料、木质材料、粘土材料、有机材料、它们的任何混合物,和 / 或其它合适的材料。该附加材料可基于制造技术、尺寸稳定性、成本、可塑性、可加工性、刚性,和 / 或材料的其它特性等来选择。在此类实施例中,当介电材料 108 为成本较高的材料(与附加材料相比)时,附加材料的加入可减少传感器装置 12 的总成本。此外,可使用一种或更多附加材料来执行一个或更多附加功能,例如支承介电材料 108、保护线圈 104 和 / 或使线圈 104 绝缘等。如应该清楚的那样,在各种实施例中,可使用附加材料作为封壳 112 的一部分。然而,在示例性实施例中,省略了附加材料,因为封壳 112 基本上仅包括介电材料 108。

[0049] 封壳 112 可由介电材料制成、由介电材料 108 和至少一种附加材料一体地形成,或者由(多种)单独的介电材料 108 和(多种)附加材料组装而成。封壳 112 和 / 或介电材料 108 可使用一种或多种注入模塑工艺和 / 或其它合适的制造工艺来制造。在示例性实施例中,封壳 112 通过单个注入模塑工艺构成,在其中将介电材料 108 注入到构造成用以形成封壳 112 的模具中。

[0050] 备选的是,封壳 112 可由多级注入模塑工艺构成。在多级工艺中,通过初始模塑工艺将附加材料模塑成指定形状。随后,使模塑的附加材料位于模具内,并将介电材料 108 注入到模具中。介电材料 108 流入限定在模具和 / 或附加材料之间的空气间隙中,以由介电材料 108 和附加材料形成封壳 112。在各种实施例中,多级模塑工艺可允许成本相对高的介电材料相对于线圈 104 特定地定位以便实现如文中所述的期望性能,同时仍允许封壳 112 的其它部分由一种或多种成本相对低的材料构成。

[0051] 应了解的是封壳 112 可通过其它制造技术构成,以遍布线圈 104 和 / 或导体 14 或者在相对于线圈 104 和 / 或导体 14 的期望位置提供介电材料 108。在一个实例中,介电材料 108 与附加材料分开地构成,并且随后用附加材料转换和 / 或构成以形成封壳 112。在又

一个实例中,可将管状介电材料插入由附加材料形成的孔口中以形成封壳 112。

[0052] 在该示例性实施例中,封壳 112 包括限定孔口 110 的安装件 116。当导体 14 接收在孔口 110 中时(如图 3 中所示),空气间隙 106 形成在安装件 116 与导体 14 之间。同时,安装件 116 与导体 14 之间形成摩擦配合。安装件 116 可包括介电材料 108 和 / 或其它材料。应了解,安装件 116 可形成为设计成用以接收各种类型、形状和 / 或定向的导体和 / 或联接到其上的各种不同形状。在至少一个实施例中,安装件 116 限定构造成与矩形的汇流条导体形成摩擦配合的孔口。

[0053] 再次参照图 2,封壳 112 包括第一部分 118 和第二部分 120。第一部分 118 可释放地联接到第二部分 120 上,以便将衬底 102 和线圈 104 基本上包封于其中。具体而言,当已组装时,如图 3 中所示,第一部分 118 通过至少一个搭接接头而联接到第二部分 120 上以形成封壳 112。应了解,第一部分 118 和第二部分 120 可通过各种不同的方法联接在一起,包括而限于一个或多个对接接头、螺纹接头、铰链接头、凸块-槽布置结构、榫舌-凹槽布置结构、紧固件等。虽然封壳 112 具有大体环形形状,如图 3 中所示,但应了解,其它封壳实施例可限定确定尺寸和 / 或操作成至少部分地包封衬底 102、线圈 104 和 / 或屏蔽体并且使介电材料 108 能够如文中所述那样起作用的任何形状和 / 或尺寸。

[0054] 此外,在示例性实施例中,介电材料 108 的厚度遍及封壳 112 而变化。第一部分 118 与第二部分 120 之间的搭接接头提供了第一部分 118 与第二部分 120 的重叠。具体而言,在该示例性实施例中,第一部分 118 和第二部分 120 在孔口 110 处均具有约 1.2 毫米的厚度。当第一部分 118 和第二部分 120 已组装时,第一部分 118 和第二部分 120 在搭接接头处至少部分地重叠(沿孔口 110)以形成约 2.4 毫米的总厚度。此外,在该示例性实施例中,第一部分 118 和第二部分 120 构造成使得封壳 112 在局部搭接接头(与孔口 110 相对)处的外侧周围的总厚度小于约 1.2 毫米。应了解,可使用各种形成封壳 112 的方法来提供封壳 112 和 / 或介电材料 108 的一个或多个不同厚度。

[0055] 在各种其它实施例中,封壳 112 和 / 或介电材料 108 的厚度可介于约 0.5 毫米与约 3.0 厘米之间。在一些实施例中,封壳和 / 或介电材料 108 的一个或多个厚度介于约 1.0 毫米与 6.0 毫米之间。此外,在各种实施例中,封壳和 / 或介电材料 108 的一个或多个厚度介于约 1.0 毫米与 4.0 毫米之间。应了解,封壳 112 和 / 或介电材料 108 可潜在地基于组装 / 制造方法、所选择的介电材料的(多个)特性,和 / 或(多个)期望的性能特性而在其它实施例中具有不同厚度。此外,用于封壳 112 的其它形状、尺寸和 / 或接头可用于至少部分地包封线圈 104,同时使介电材料 108 相对于线圈 104 定位以起到与本公开内容的一个或多个方面一致的作用。

[0056] 在示例性实施例中,线圈 104 包括示例性罗氏线圈。然而,应了解,传感器装置 12 可包括罗氏线圈以外的线圈。此外,本公开内容的方面并不限于仅与如文中所述和所示的罗氏线圈一起使用。

[0057] 图 5 是与封壳 112 分开的衬底 102 和线圈 104 的透视图。在示例性实施例中,衬底 102 包括六个绕线筒 124、126、128、130、132 和 134(统称为绕线筒 124-134)。每个绕线筒 124-134 都具有大致圆形截面,且更具体而言,是在相对的端部处包括保持线圈 104 的凸缘 135 的正圆柱体。在其它实施例中,衬底 102 可具有不同数量、形状和 / 或尺寸的绕线筒。例如,衬底 102 可包括五个绕线筒、八个绕线筒、十个绕线筒、十三个绕线筒,或其它偶

数或奇数个绕线筒。此外,衬底 102 可包括具有不同形状,和 / 或卵形截面、椭圆形截面、或矩形截面等的绕线筒。在还有的其它实施例中,衬底 102 除凸缘 135 外或者不同于凸缘 135 可包括用于支承线圈 104 的不同结构。在至少一个实施例中,线圈 104 足够刚性以省略衬底 102。

[0058] 在该示例性实施例中,绕线筒 124-134 通过铰接接头 137 联接在一起。更具体而言,绕线筒 124 和 126 铰接地联接以允许二者之间的枢转运动。在各种实施例中,绕线筒 124-134 可线性地对准以使线圈 104 能够高效卷绕和 / 或相对于彼此枢转而形成大致圆形形状,如图 5 中所示。

[0059] 衬底 102 的绕线筒 124-134 中的每一个都是非磁性结构,使得绕线筒 124-134 由一种或多种非磁性材料构成,包括例如热塑性材料、陶瓷材料、木质材料,或其它类型的(多种)合适材料。在该示例性实施例中,绕线筒 124-134 中的每一个都由潜在地与介电材料 108 一致的介电材料制成。通过使用非磁性衬底 102,与包括一个或多个磁芯的已知传感器装置相比可实现成本节省。此外,在示例性实施例中,衬底 102 成形和 / 或确定尺寸为与包括体积庞大磁芯的已知传感器装置相比提供了在电度表 10 内和 / 或在表控制板 17 上的改善的安装。此外,在该示例性实施例中,绕线筒 124-134 与封壳 112 分开形成。然而,应了解的是在其它传感器装置实施例中,绕线筒 124-134 可与封壳 112 一体地形成和 / 或形成封壳 112 的一个或多个部分。

[0060] 在示例性实施例中,线圈 104 是卷绕在每个绕线筒 124-134 上的多个匝圈。更具体而言,在示例性实施例中,线圈 104 包括单个磁线,该磁线使线圈 104 能够从绕线筒 124 卷绕到绕线筒 134,每个绕线筒 124-134 上有若干匝圈,然后卷绕回到绕线筒 124 上,每个绕线筒 124-134 上有附加匝圈。应了解的是在其它实施例中,可在绕线筒 124-134 上使用其它不同的卷绕模式。与横跨绕线筒 124-134 的上述卷绕模式一致,线圈 104 的第一端和第二端在绕线筒 124 处终止。线圈 104 的第一端终止于引线 136,而线圈 104 的第二端终止于引线 138,如下文进一步描述的图 7 中所示。

[0061] 除线圈 104 外,在示例性实施例中,将一个或多个屏蔽体施加到衬底 102 上。具体而言,图 6 示出了传感器装置 12 在绕线筒 124 处的局部截面图。在示例性实施例中,绕线筒 124 包括第一屏蔽体 140 和第二屏蔽体 142。第一屏蔽体 140 位于绕线筒 124 与线圈 104 之间。第二屏蔽体 142 位于线圈 104 附近并与第一屏蔽体 140 相对,使得线圈 104 位于第一屏蔽体 140 与第二屏蔽体 142 之间。每个绕线筒 124-134 都包括与图 6 中所示大致相同的屏蔽体-线圈-屏蔽体模式。在其它实施例中,绕线筒 124-134 可包括其它卷绕模式,包括在其中卷绕模式根据不同绕线筒而变化的卷绕模式。

[0062] 在示例性实施例中,每个屏蔽体 140 和 142 都提供法拉第屏蔽。更具体而言,在该示例性实施例中,第一屏蔽体 140 和第二屏蔽体 142 表现为与法拉第笼大致一致,以便有利于减少传感器装置 12 上的普通模式噪音和 / 或提供用于高频噪音过滤的低通滤波器。结果,第一屏蔽体 140 和第二屏蔽体 142 在用于电磁交互 (EMI) 和 / 或电磁兼容性 (EMC) 的一个或多个工业标准的背景下有利于提高性能。

[0063] 在制造期间,磁线的多个匝圈从绕线筒 124 到绕线筒 134 卷绕在每个绕线筒 124-134 上以形成第一屏蔽体 140。线圈 104 然后从绕线筒 124 卷绕到绕线筒 134 上并如上所述回到绕线筒 124。随后,第一屏蔽体 140 的磁线从绕线筒 134 卷绕回到绕线筒 124,

以形成第二屏蔽体 142, 每个绕线筒 124-134 上有多个匝圈。因此, 在示例性实施例中, 第一屏蔽体 140 和第二屏蔽体 142 由单个磁线形成。单个磁线包括两个端部, 这两个端部可端接在一起并联接到引线 138 上, 和 / 或联接到一个或多个附加引线上, 如下文所述。应了解, 第一屏蔽体 140 和第二屏蔽体 142 可包括任何合适的材料, 例如但不限于铜、铝或其它非铁导电材料。更一般而言, 屏蔽材料可作为片材、带、丝线、喷雾和 / 或使绕线筒 124-134 能够包括屏蔽体 140 和 142 的任何其它形式而形成。因此, 屏蔽体 140 和 / 或 142 的施加可通过例如而限于卷绕、缠绕和 / 或喷射来形成。在各种实施例中, 第一屏蔽体 140 和第二屏蔽体 142 可与线圈 104 分开形成并随后施加到线圈 104 上。

[0064] 再次参照图 5, 传感器装置 12 包括自其延伸的三根引线 136、138 和 144。图 7 示出了引线 136、138 和 144 的联接的电路图。具体而言, 在示例性实施例中, 第一屏蔽体 140 和第二屏蔽体 142 由单个磁线形成, 其中每个端部都联接在一起并联接到引线 144 上。此夕卜, 线圈 104 (由单个磁线形成) 的第一端联接到引线 136 上, 而线圈 104 的第二端联接到引线 138 上。如图 5 中所示, 引线 136、138 和 140 从封壳 112 延伸并形成扭绞线束。因此, 引线 144 起到低通滤波器元件的作用, 以阻止噪音从第一屏蔽体 140 和 / 或第二屏蔽体 142 传入由传感器装置 12 所提供的电流信号的返回路径中。扭绞线束具有至少约 0.25 英寸的长度。在其它实施例中, 扭绞线束可具有至少约 1.0 英寸的长度, 或至少约 3.0 英寸的长度。在更多实施例中, 扭绞线束可具有至少约 6.0 英寸的长度。应了解, 在其它传感器装置实施例中, 可能的是基于引线和 / 或扭绞线束起到滤波器的作用以阻止噪音传入从传感器装置 12 传输的电流信号中的性能而可采用其它长度的引线和 / 或扭绞线束。

[0065] 图 8-9 示出了另一个示例性传感器装置 200。在示例性实施例中, 传感器装置 200 包括与上述线圈 104 以及屏蔽体 140 和 142 大致一致的线圈 204 以及第一屏蔽体 240 和第二屏蔽体 242。然而, 传感器装置 200 包括四个引线 236、238、244 和 245。具体而言, 形成第一屏蔽体 240 和第二屏蔽体 242 的磁线的每一端都联接到单独的引线 244 和 245 上, 以形成滤波器元件。另外, 在该示例性实施例中, 两个引线 236 和 238 联接到线圈 204 上。如图 8 中所示, 引线 236、238、244 和 245 形成扭绞线束, 该扭绞线束与上文参照图 5 所述的扭绞线束大致一致地起作用。

[0066] 当联接到表控制板 17 上时, 每个引线 244 和 245 都可联接在一起并联接到引线 238 上。在一些实施例中, 扭绞的引线 244 和 245 可起到滤波器元件的作用。另外, 或备选的是, 滤波器元件可联接在引线 244 和 245 与引线 238 之间。此类滤波器元件可包括而限于电阻器 - 电容器电路、电感器 - 电容器电路、电阻器 - 电感器电路, 和 / 或电阻器 - 电感器 - 电容器电路。

[0067] 再次参照图 3 和图 7, 在又一实施例中, 形成屏蔽体 140 和 142 的磁线的每一端都可联接在一起并联接到引线 138 上 (即线圈 104 的一端), 而不是单独的引线 144。在这种示例性实施例中, 传感器装置 12 可包括引线 136 和 138, 同时省略引线 144, 从而提供双线传感器装置 12。在示例性实施例中, 来自第一屏蔽体 140 和 / 或第二屏蔽体 142 的一些噪音可传入从传感器装置 12 所提供的电流信号的返回路径中, 同时提供用于期望运行环境的充分精度和 / 或可重复性。在还有的其它实施例中, 可从传感器装置实施例中省略引线以供安装在例如表控制板 17 的电路板上。在这种实施例中, 滤波器元件可由表控制板 17 上的迹线提供, 迹线具有充分的长度以起到如上文参照引线 144 所述的作用。另外, 或备选

的是,滤波器元件可包括电阻器-电容器电路、电感器-电容器电路、电阻器-电感器电路,和/或电阻器-电感器-电容器电路,以阻止噪音从第一屏蔽体 140 和/或第二屏蔽体 142 传入用于由传感器装置 12 所提供的电流信号的返回路径中。

[0068] 在示例性实施例中,传感器装置 12 在约 10Hz 至约 1000Hz 之间运行,并且基本上不受该范围以外的信号影响。更具体而言,导体 14 可充当天线以拾取射频 (RF) 信号并向传感器装置 12 再发射不希望的噪音。第一屏蔽体 140 和第二屏蔽体 142 起到低通滤波器的作用以阻止噪音信号传播,从而提供高信噪比 (SNR) 输出。更具体而言,当感测到通过导体 14 的低电流时,第一屏蔽体 140 和第二屏蔽体 142 排斥再发射的 RF 信号(和/或其它噪音信号)以提供用于传感器装置 12 的输出的高 SNR。通过减少噪音对电流信号的影响,与已知的传感器装置相比,传感器装置 12 在可应用标准内的有效电流感测范围更宽。在示例性实施例中,第一屏蔽体 140 和第二屏蔽体 142 可允许省略一个或多个附加滤波器元件(用于低和/或高电流性能)。

[0069] 此外,第一屏蔽体 140 和第二屏蔽体 142 基本上阻止 EMI 影响传感器装置 12 的精度。更具体而言,第一屏蔽体 140 和第二屏蔽体 142 有利于阻止位于传感器装置 12 附近的 EMI 源(例如,认为会与传感器装置 12 和/或电度表 10 的精度发生干扰的邻近电子元件和/或装置)的影响。另外,通过省略磁芯,与已知的传感器相比,传感器装置 12 提供了 EMI 对精度影响的增强免疫性。因此,与存在一个或多个 EMI 源的其它已知传感器装置相比,传感器装置 12 提供了更可靠和/或精确的电流传感器装置。

[0070] 传感器装置 12 的精度可理解为流过导体 14 的电流的实际值的百分比。在示例性实施例中,在约 2 安培与约 200 安培之间的范围内,传感器装置 12 在实际值的约 $\pm 0.2\%$ 内工作。更具体而言,传感器装置 12 在等级 (Class) 0.2 内工作,也即在约 60V 与约 600V 之间、更具体而言约 240V 的运行电压下,在 0.1A 至 200A 之间,在 0.2% 的精度内工作。应了解,与本公开内容的一个或多个方面一致的传感器装置 12 在不同的运行电流/电压可符合一个或多个不同的精度标准,这可能的是取决于预期应用和/或与预期应用相关的一个或多个精度要求。

[0071] 文中描述了用于制造用于感测通过导体的电流的传感器装置的各种方法。虽然下文参照传感器装置 12 描述这些方法,但应理解,这些方法并不限于传感器装置 12 并且可用于制造其它传感器装置实施例。同样,传感器装置 12 和传感器装置 200 可由与下文描述的方法不同的方法制造。

[0072] 制造用于感测通过导体 14 的电流的传感器装置 12 的一种示例性方法包括对线圈 104 提供围绕非磁性衬底 102 的多个匝圈并使介电材料 108 邻近线圈 104,使得当导体 14 布置在由传感器装置 12 所限定的孔口 110 内时,介电材料 108 位于导体 14 与线圈 104 之间。在若干实施例中,该示例性方法可包括至少部分地和/或基本上将线圈 104 和/或衬底 104 包封在封壳 112 内。

[0073] 制造用于感测通过导体 14 的电流的传感器装置 12 的另一种示例性方法包括提供罗氏线圈 104 并将罗氏线圈 104 至少部分地包封在介电材料 108 内而使得当罗氏线圈 104 布置在导体 14 周围时,介电材料 108 布置在罗氏线圈 104 与导体 14 之间。介电材料 108 具有大于或等于约 3.5 的介电常数。在若干个实施例中,该示例性方法可包括组装封壳的第一部分和封壳的第二部分,其中罗氏线圈布置在二者之间以至少部分地包封罗氏线圈。封

壳包括介电材料。另外,或备选的是,该示例性方法可包括在具有多个热塑性绕线筒的衬底上形成罗氏线圈。此外,该示例性方法可包括由介电材料形成多个热塑性绕线筒。

[0074] 制造用于感测通过导体 14 的电流的传感器装置 12 的又一种示例性方法包括围绕衬底的多个绕线筒中的每一个而卷绕磁线的第一屏蔽体,围绕衬底的多个绕线筒中的每一个而卷绕线圈,以及围绕衬底的多个绕线筒中的每一个而卷绕磁线的第二屏蔽体。

[0075] 例如,参照图 3 的传感器装置 12,示例性方法可包括将磁线的第一端和第二端联接到传感器装置 12 的基准引脚 144 上,将线圈的第一端联接到传感器装置 12 的第一引脚 136 上,以及将线圈的第二端联接到传感器装置 12 的第二引脚 138 上。此外,该示例性方法可包括将线圈以及第一屏蔽体和第二屏蔽体至少部分地包封在封壳内,该封壳包括至少一种介电材料。

[0076] 制造用于感测通过导体 14 的电流的传感器装置 12 的另一示例性方法包括提供传感器装置 12,该传感器装置包括限定孔口 110 的非磁性衬底 102、具有围绕非磁性衬底 102 的至少一部分的多个线圈匝圈的线圈 104、布置在各衬底 102 与多个线圈匝圈之间的第一屏蔽体 140、与第一屏蔽体 140 相对的贴近多个线圈匝圈布置的第二屏蔽体 142。该示例性方法还包括将引线 144 联接到第一屏蔽体 140 和第二屏蔽体 142 中的至少一者上,将引线 136 联接到线圈 104 的第一端上,将引线 138 联接到线圈 104 的第二端上,以及由引线 136、138 和 144 形成扭绞的引线束。

[0077] 在各种实施例中,将引线 144 联接到第一屏蔽体 140 和第二屏蔽体 142 中的至少一者上包括将引线 144 联接到第一屏蔽体 140 和第二屏蔽体 142 中的每一者上。在其它实施例中,将引线联接到第一屏蔽体和第二屏蔽体中的至少一者上包括将引线 244 联接到第一屏蔽体 140 上以及将引线 245 联接到第二屏蔽体 142 上。

[0078] 如图 5 中所示,线圈 104 以绕线筒 124-134 的形式围绕衬底 102 卷绕。在示例性实施例中,各个绕线筒 124-134 为环形,且包括线圈 104 围绕其卷绕的圆形区域。各个绕线筒 124-134 的芯为空气芯。不同于之前公开的磁芯电流传感器装置,线圈 104 的空气芯不会变得饱和。测试示出了公开的空气芯线圈 104 的准确性从 10 毫安到 25000 安为 $\pm 0.4\%$ 。在较低电流(即,小于 1000 安)下,传感器装置 12 的准确性为 $\pm 0.2\%$,而在高电流(即,大于 10000 安)下,准确性降低至 $\pm 0.4\%$ 。在那些较高电流下,导体 14、15 和 16 与彼此相互作用,且作用为并联的板式电容器,影响了传感器 12 的准确性。传感器装置 12 为没有芯饱和的电感器;因此,传感器装置 12 可连续地作为电感器工作而可能饱和或过饱和。

[0079] 作为具有空气芯的电感器,传感器装置 12 为电压独立的。尽管传统的电流互感器可在高压下烧掉,但传感器装置 12 能够独立于穿过导体 14 的电压来读取穿过导体 14 的电流。电压不会影响线圈 104 的操作。电压并未由传感器装置 12 测量,且相反在功率输送系统中的不同位置处测量。

[0080] 尽管在示例性实施例中,传感器装置 12 描述为在约 10Hz 到约 1000Hz 之间操作,但将认识到的是,空气芯允许传感器装置 12 也在该范围外操作。还应当认识到的是,电度表 10 可包括测量多个不同导体的多个传感器装置 12。例如,在另一个示例性电度表 10 中,导体 14、15 和 16 可分别由不同的传感器装置 12 包围。上述实施例中的一个或多个提供了非常精确的传感器装置。更具体而言,文中描述的传感器装置、电度表和方法可提供非常精确的传感器装置,该传感器装置与已知的线圈传感器相比以降低的校准要求而提供了扩大

的运行范围。例如,所公开的介电材料可提供线圈与一个或多个导体之间的减小的电容,从而横跨一电流和 / 或电压范围提供了提高的精度。通过制造期间更少的校准过程,可实现提高的精度,从而减少了制造成本和 / 或时间。在另一实例中,所公开的屏蔽技术对源自其它电子元件和 / 或防拆装置的 EMI 提供经改善的排斥。

[0081] 虽然本发明的各种实施例的特定特征可能在一些附图中示出而在其它附图中未示出,但这仅是为了方便。按照本发明的原理,附图的任何特征都可结合任何其它附图的任何特征进行参照和 / 或主张权利。

[0082] 本书面描述使用了包括最佳模式在内的实例来公开本发明,并且还使本领域的任何技术人员能够实施本发明,包括制造和利用任何装置或系统以及执行任何所结合的方法。本发明可取得专利的范围通过权利要求限定,并且可包括本领域技术人员想到的其它实例。如果此类其它实例没有不同于权利要求的文字语言所描述的结构元件,或者如果它们包括与权利要求的文字语言无实质性区别的同等结构元件,则认为此类其它实例包含在权利要求的保护范围内。

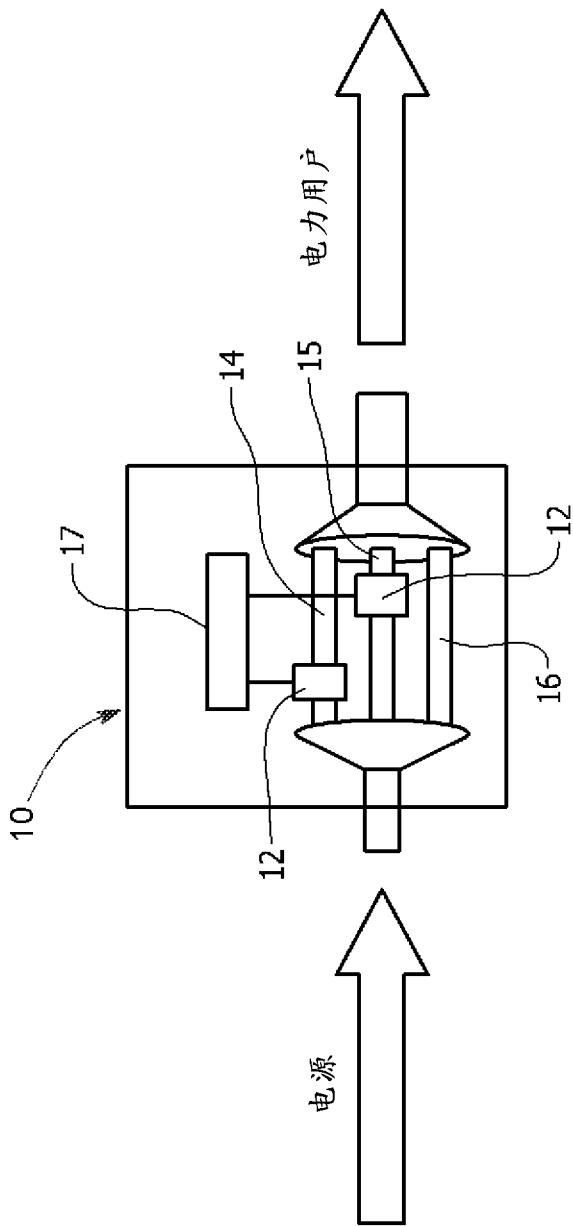


图 1

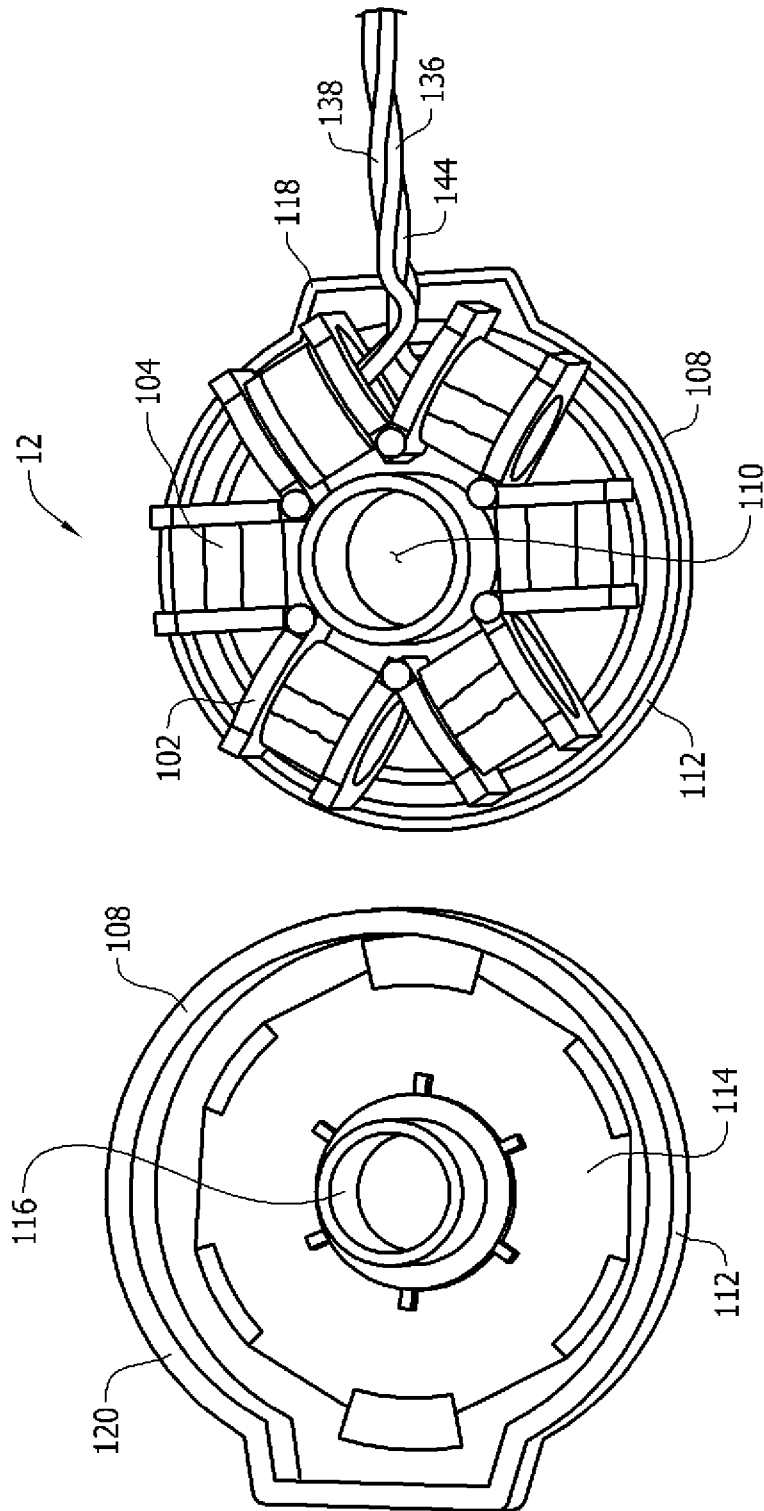


图 2

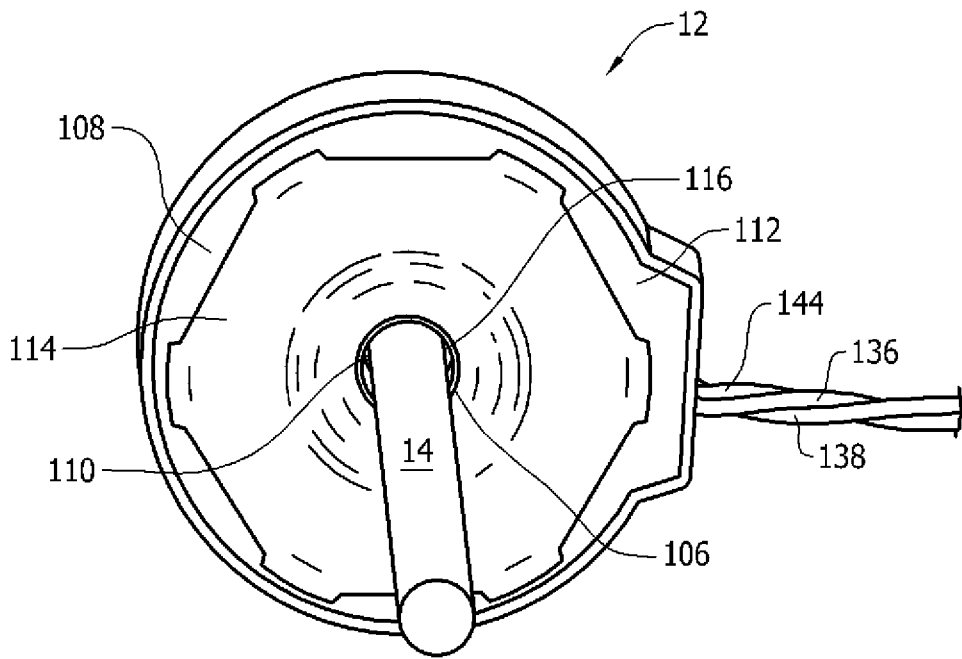


图 3

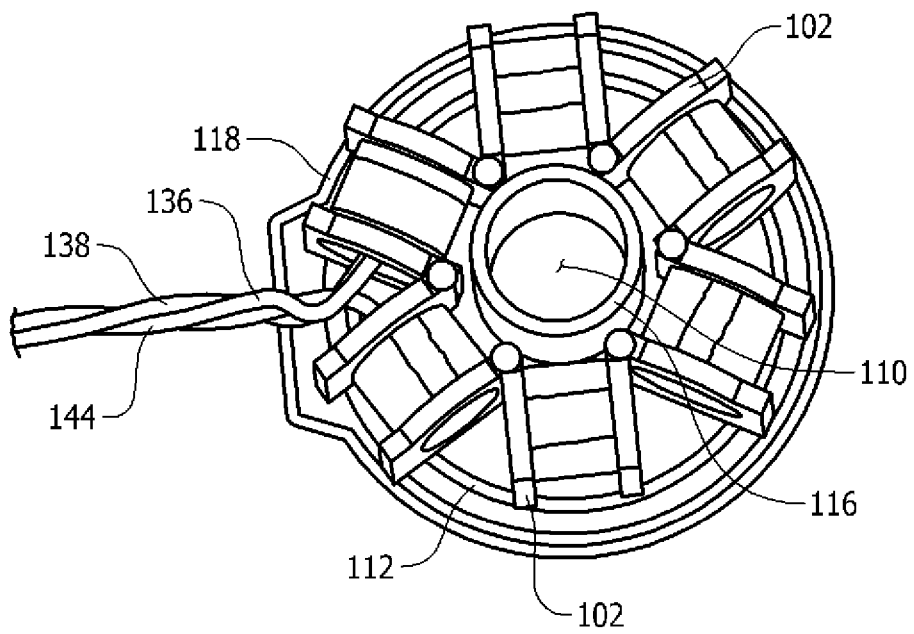


图 4

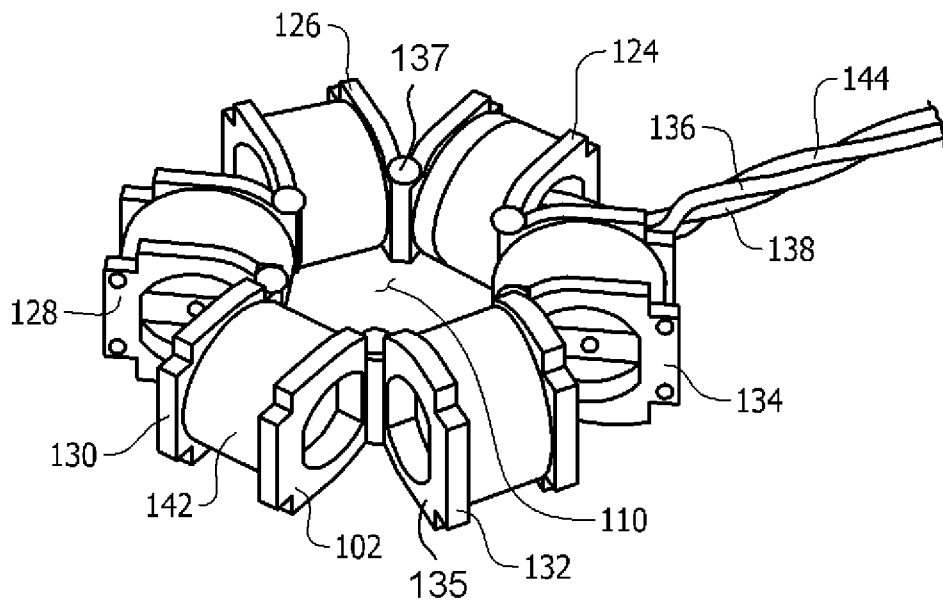


图 5

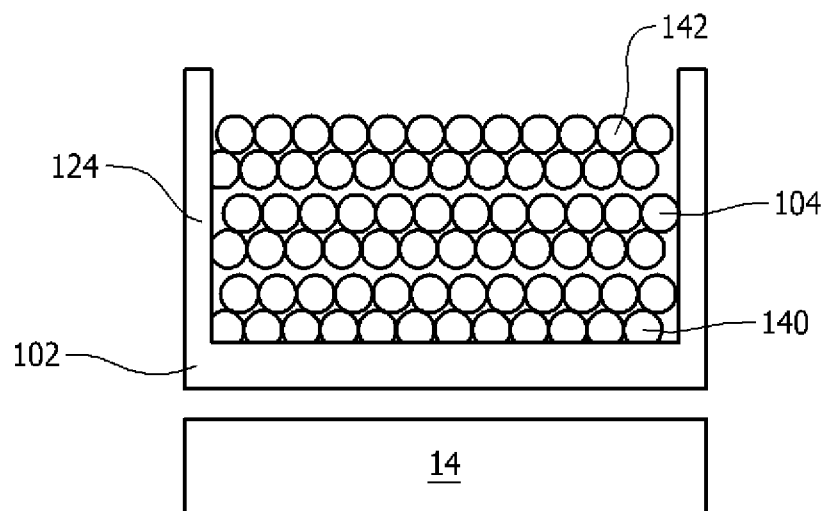


图 6

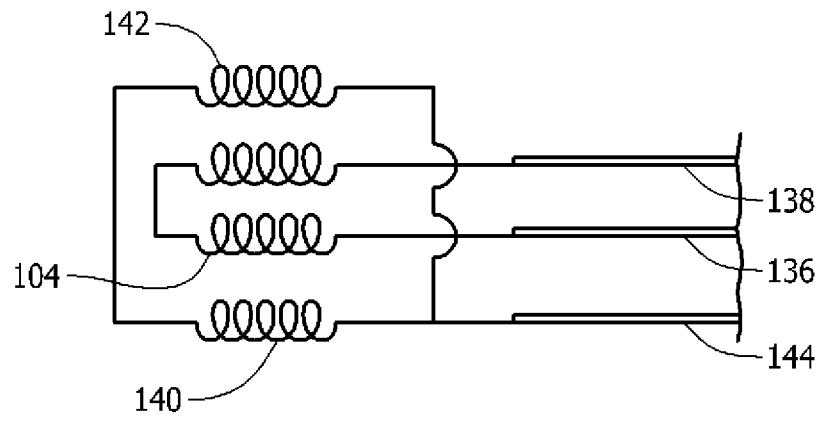


图 7

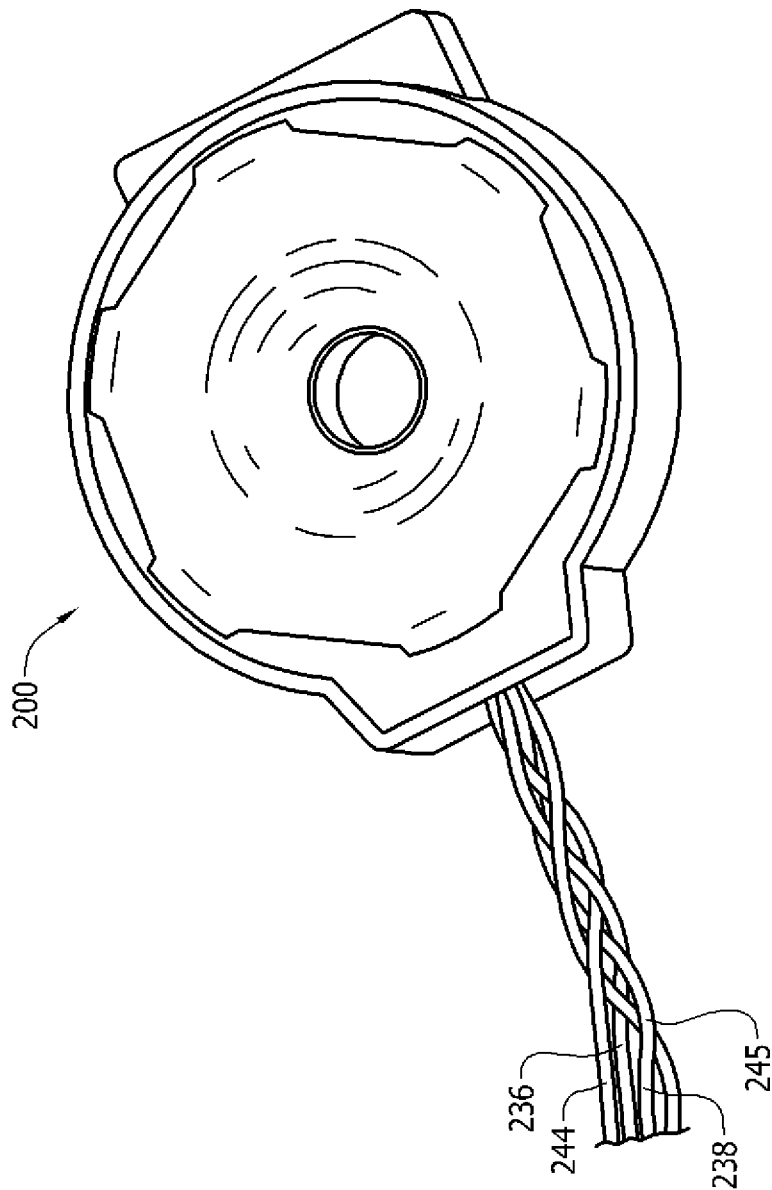


图 8

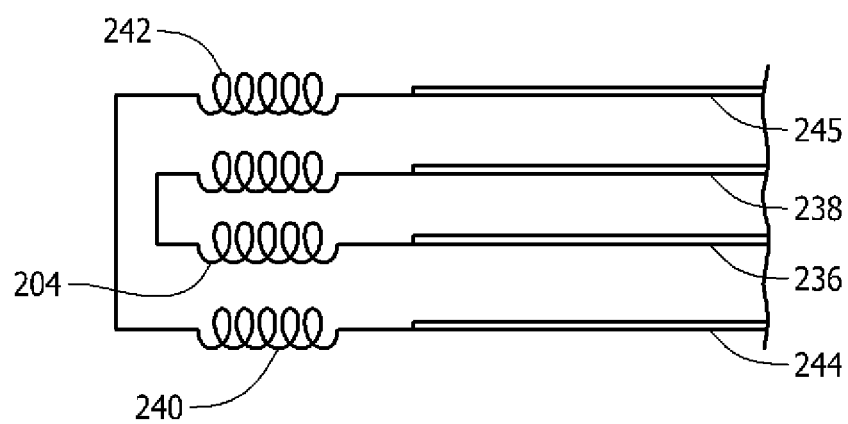


图 9

Abstract

The present invention relates to sensor devices and methods for use in sensing current through a conductor. A utility meter and related methods are disclosed. The utility meter includes a sensor device positioned around a conductor to sense current flowing through the conductor. The sensor device includes a non-magnetic substrate, a coil comprising a plurality of turns wound about the substrate, and a dielectric material having a dielectric constant and positioned between the coil and the conductor. The utility meter also includes a meter control board in communication with the sensor device to determine an amount of electricity transmitted through the conductor from the power source to the user over time. The dielectric constant of the dielectric material is selected to reduce a capacitive coupling between the coil and the conductor and to reduce a sensitivity of the sensor device such that the meter control board comprises only one calibration coefficient for calibrating the sensor device over a current range.

Abstract figure:

