



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103477232 B

(45)授权公告日 2016.07.13

(21)申请号 201280014019.0

(22)申请日 2012.01.17

(30)优先权数据

11151637.3 2011.01.21 EP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2013.09.18

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2012/050615 2012.01.17

(87)PCT国际申请的公布数据

W02012/098099 EN 2012.07.26

(73)专利权人 保维森斯公司

地址 丹麦霍尔特

(72)发明人 P·叶斯帕森

(74)专利代理机构 北京安信方达知识产权代理

有限公司 11262

代理人 张春媛 阎斌斌

(51)Int.Cl.

G01R 15/24(2006.01)

(56)对比文件

CN 1419129 A, 2003.05.21,

US 6307666 B1, 2001.10.23,

US 4002975, 1977.01.11,

US 2008/0164864 A1, 2008.07.10,

CN 201051119 Y, 2008.04.23,

WO 2009/143851 A1, 2009.12.03,

US 2003/0117126 A1, 2003.06.26,

CN 101672868 A, 2010.03.17,

CN 1255199 A, 2000.05.31,

US 5850140 A, 1998.12.15,

罗苏南.组合式光学电压/电流互感器的研究与开发.《中国博士学位论文全文数据库 工程技术II辑》.2008,

审查员 奚芳华

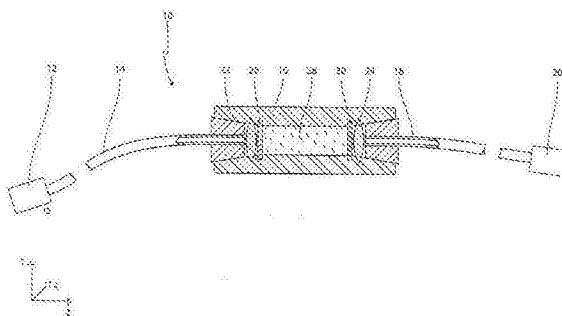
权利要求书3页 说明书14页 附图10页

(54)发明名称

交流或直流输电系统及测量电压的方法

(57)摘要

本发明涉及交流(AC)或直流(DC)输电系统。所述系统包括第一电导体、第二电导体和它们之间的绝缘空间。所述系统进一步包括电场测量设备,所述电场测量设备包括安装在光学延续中的下述部件:连接到光源的第一光纤、第一光学透镜、圆形偏振滤光器、具有电光特性的晶体棒、线性偏振滤光器、第二光学透镜、以及连接到光检测单元的第二光纤。所述电场测量设备位于所述第一电导体附近,并限定了所述晶体棒和所述第一电导体之间的第一最小距离,以及所述晶体棒和所述第二电导体之间的第二最小距离。所述第二最小距离比所述第一最小距离至少大10倍。



1. 一种交流(AC)或直流(DC)输电系统,包括:第一电导体、第二电导体以及位于所述第一电导体和所述第二电导体之间的绝缘空间,所述输电系统进一步包括电场测量设备,所述电场测量设备包括:

壳体,其由介电材料制造,并且所述壳体定义了第一开口端以及与所述第一开口端相对的第二开口端;

第一光纤,其连接到光源;

第一光学透镜,其在所述第一光纤的光学延续中并且在所述第一开口端安装在所述壳体中;

圆形偏振滤光器,其在所述第一光学透镜的光学延续中,安装在所述壳体中;

晶体棒,其在所述圆形偏振滤光器的光学延续中,容纳在所述壳体中并封装于所述壳体内,所述晶体棒由具有电光特性的材料制造;

线性偏振滤光器,其在所述晶体棒的光学延续中,安装在所述壳体中;

第二光学透镜,其在所述线性偏振滤光器的光学延续中,在所述第二开口端安装在所述壳体中;以及

第二光纤,其在所述第二光学透镜的光学延续中,所述第二光纤连接到光检测单元,所述电场测量设备位于所述绝缘空间内的所述第一电导体附近,并且所述电场测量设备限定了所述晶体棒和所述第一电导体之间的第一最小距离、以及限定了所述晶体棒和所述第二电导体之间的第二最小距离,所述第二最小距离比所述第一最小距离至少大10倍。

2. 根据权利要求1所述的输电系统,其中,所述第二最小距离比所述第一最小距离至少大100倍、或1000倍、或10000倍、或100000倍。

3. 根据权利要求1或2所述的输电系统,其中,所述第一电导体包括架空线或者电连接到架空线的金属物体。

4. 根据权利要求1或2所述的输电系统,其中,所述第二电导体包括与所述第一电导体绝缘的金属物体。

5. 根据权利要求1或2所述的输电系统,其中,所述第二电导体构成地。

6. 根据权利要求1或2所述的输电系统,其中,所述输电系统的所述第一电导体具有处于0.1kV和1000kV之间的额定电压。

7. 根据权利要求6所述的输电系统,其中,所述输电系统的所述第一电导体具有处于1kV和500kV之间的额定电压。

8. 根据权利要求6所述的输电系统,其中,所述输电系统的所述第一电导体具有处于5kV和100kV之间的额定电压。

9. 根据权利要求6所述的输电系统,其中,所述输电系统的所述第一电导体具有处于10kV和50kV之间的额定电压。

10. 根据权利要求1或2所述的输电系统,其中,当所述输电系统工作在它的额定电压时,所述晶体棒受到的有效电场强度为 $1 \times 10^4 \text{V/m}$ 和 $1.2 \times 10^8 \text{V/m}$ 之间。

11. 根据权利要求1或2所述的输电系统,其中,当所述输电系统工作在它的额定电压时,所述晶体棒受到的有效电场强度为 $1 \times 10^5 \text{V/m}$ 和 $1.2 \times 10^7 \text{V/m}$ 之间。

12. 根据权利要求1或2所述的输电系统,其中,所述第一最小距离为0.1毫米到100毫米之间。

13. 根据权利要求1或2所述的输电系统,其中,所述第一最小距离为1毫米到10毫米之间。

14. 根据权利要求1或2所述的输电系统,其中,所述第二最小距离为0.1米到100米之间。

15. 根据权利要求1或2所述的输电系统,其中,所述第二最小距离为1米到10米之间。

16. 根据权利要求1或2所述的输电系统,其中,通过所述晶体棒的光路的方向平行于所述第一电导体处的电场,或者可选的,其中,通过所述晶体棒的光路的方向垂直于所述第一电导体处的电场。

17. 根据权利要求1或2所述的输电系统,其中,所述圆形偏振滤光器由四分之一波片和线性偏振器组成。

18. 根据权利要求1或2所述的输电系统,其中,所述晶体棒显示出普克尔斯效应。

19. 根据权利要求1或2所述的输电系统,其中,所述晶体棒由磷酸钾制造。

20. 根据权利要求1或2所述的输电系统,其中,所述电场测量设备进一步包括:

第一密封装置,用于对所述壳体的所述第一开口端进行密封,所述第一密封装置具有用于容纳所述第一光纤的孔;

第一固定装置,用于将所述第一光纤固定到所述壳体;

第一容纳部,其附着到所述第一光学透镜,并适于容纳所述第一固定装置;

第二固定装置,用于将所述第二光纤固定到所述壳体;

第二容纳部,其附着到所述第二光学透镜,并适于容纳所述第二固定装置;

第二密封装置,用于对所述壳体的所述第二开口端进行密封,所述第二密封装置具有容纳所述第二光纤的孔,以及

第一盖子和第二盖子,其分别固定到所述壳体的所述第一开口端和所述第二开口端,所述第一盖子和所述第二盖子包括用于分别容纳所述第一光纤和所述第二光纤的孔。

21. 根据权利要求1或2所述的输电系统,其中,所述壳体由聚合材料制造。

22. 根据权利要求21所述的输电系统,其中,所述壳体由塑料制造。

23. 根据权利要求1或2所述的输电系统,其中,所述绝缘空间构成气体绝缘空间。

24. 根据权利要求23所述的输电系统,其中,所述气体绝缘空间由 N_2 、 SF_6 或者大气气体充满。

25. 一种用于测量第一电导体的电压的方法,所述第一电导体与第二电导体相关,通过绝缘空间将所述第一电导体和所述第二电导体隔开,所述方法包括提供一种电场测量设备,所述电场测量设备包括:

壳体,其由介电材料制造,并且所述壳体限定了第一开口端以及与所述第一开口端相对的第二开口端;

第一光纤,其连接到光源;

第一光学透镜,其在所述第一光纤的光学延续中并且在第一开口端安装在所述壳体中;

圆形偏振滤光器,其在所述第一光学透镜的光学延续中,安装在所述壳体中;

晶体棒,其在所述圆形偏振滤光器的光学延续中,容纳在所述壳体中并封装于所述壳体内,所述晶体棒由具有电光特性的材料制造;

线性偏振滤光器,其在所述晶体棒的光学延续中,安装在所述壳体中;

第二光学透镜,其在所述线性偏振滤光器的光学延续中,在第二开口端安装在所述壳体中;

第二光纤,其在所述第二光学透镜的光学延续中,所述第二光纤连接到光检测单元,

所述方法还包括以下步骤:

将所述电场测量设备放置在所述绝缘空间内的所述第一电导体附近,以使得第二最小距离比第一最小距离至少大10倍,所述第一最小距离定义为所述晶体棒和所述第一电导体之间的距离、所述第二最小距离定义为所述晶体棒和所述第二电导体之间的距离,以及

检测所述光源发射的光和所述光检测单元检测的光之间的相对延迟。

26. 根据权利要求25所述的方法,其中,第二最小距离比第一最小距离至少大100倍、或1000倍、或10000倍、或100000倍。

27. 一种用于校准包括在输电系统中的电场测量设备的方法,所述输电系统包括具有已知电压的第一电导体、具有另一个已知电压的第二电导体以及所述第一电导体和所述第二电导体之间的绝缘空间,所述电场测量设备包括:

壳体,其由介电材料制造,并且所述壳体限定了第一开口端以及与所述第一开口端相对的第二开口端;

第一光纤,其连接到光源;

第一光学透镜,其在所述第一光纤的光学延续中,在所述第一开口端安装在所述壳体中;

圆形偏振滤光器,其在所述第一光学透镜的光学延续中,安装在所述壳体中;

晶体棒,其在所述圆形偏振滤光器的光学延续中,容纳在所述壳体中并封装于所述壳体内,所述晶体棒由具有电光特性的材料制造;

线性偏振滤光器,其在所述晶体棒的光学延续中,安装在所述壳体中;

第二光学透镜,其在所述线性偏振滤光器的光学延续中,在所述第二开口端安装在所述壳体中;

第二光纤,其在所述第二光学透镜的光学延续中,所述第二光纤连接到光检测单元,所述电场测量设备位于所述绝缘空间内的所述第一电导体附近,并且所述电场测量设备限定了所述晶体棒和所述第一电导体之间的第一最小距离、以及限定了所述晶体棒和所述第二电导体之间的第二最小距离,所述第二最小距离比所述第一最小距离至少大10倍;

所述方法包括以下步骤:

检测光源发射的光和所述光检测单元检测的光之间的相对延迟,以及

基于所述相对延迟、所述已知电压和所述另一个已知电压,计算校准常数。

28. 根据权利要求27所述的方法,其中,所述第二最小距离比所述第一最小距离至少大100倍、或1000倍、或10000倍、或100000倍。

交流或直流输电系统及测量电压的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及交流或直流输电系统、测量电压的方法以及校准电压测量系统的方法。

背景技术

[0002] 电力行业需要监控输电系统的状况。基于该目的,仅使用光学技术来进行电流测量是已知的。在申请人自己的国际申请W0/2004/099798中描述了利用法拉第效应的该光学电流传感器的一个例子。在法拉第效应电流传感器中,在要被测量的电流产生的磁场的作用下,偏振入射光的偏振面进行旋转。该法拉第效应电流传感器优于普遍已知的罗氏线圈和类似的金属电流传感器,这是由于该法拉第效应电流传感器可完全由介电材料构成,从而其可应用于存在非常高的电场的地方。

[0003] 使用光学传感器来进行电压测量也是已知的。这可通过利用普克尔斯效应来实现,普克尔斯效应是各向异性晶体中的光学效应。在利用普克尔斯效应的电压传感器中,如果对其施加电场,穿过晶体的入射光的偏振面就会进行旋转。因此,该普克尔斯效应电压传感器的主要原理类似于上面提到的法拉第效应电流传感器的原理,也就是说,在传感器元件上产生的电场导致穿过传感器的光的偏振发生小的变化。该变化是能够被测量的,并且可通过该测量推导出电场强度。通过推导出的传感器所在位置的电场强度,可确定导线上的电压。

[0004] 使用光学电压传感器具有很多优点,第一个是简单。光学电压传感器由很少的部件组成,因此,易于组装。此外,测量的信号完全是光信号,从而所述测量不包括电噪声。更进一步的,像现有的分压器那样,在要被测量的导体和地之间没有电连接。这种电连接可能会导致诸如短路的问题。

[0005] 光学电压传感器背后的物理学原理是基于19世纪后期发现的普克尔斯效应。由此其被用于多种已知的光学设备,例如,Q开关和啁啾脉冲放大。在下式的线性项中表示该效应:

$$[0006] \quad \frac{1}{n} = \frac{1}{n_0} + rE + RE^2$$

[0007] 其中,E是电场,n、n₀、r和R都是分别描述折射率、寻常折射率、线性和二次电光系数的张量。如果根据r张量(晶体),正确的施加E,并且忽略二次项,n将会变成非对称,从而引起双折射。这意味着,基于与r张量有关的偏振方向,光具有不同的折射系数。

[0008] 在已知的光学电压传感器中,显示出普克尔斯效应的晶体具有附着到它们的电极,并具有用于光通过的预定轨迹。上面的配置通常被称为普克尔斯盒,并且该配置起到了电压控制的波片的作用。该配置用于多种已公开的现有技术中。其中的一个例子包括P.P.Chavez,F.Rahmatian和N.A.F.Jaeger在IEEE上发表的题为“230kV Optical Voltage Transducer Using a Distributed Optical Electric Field Sensor System”的文章。文中提出的传感器系统使用位于线电压和地之间的绝缘部中的普克尔斯效应晶体。因此,全

部的线电压被施加到普克尔斯盒上,其至少用于中压并且上述传感器系统要求高的绝缘水平。

[0009] US6,285,182公开了一种不需要接地参考的电光电压传感器。然而,该电压传感器仍然需要在普克尔斯晶体的邻近区域中设置金属电极。EP0338542公开了一种类似的电光电压传感器,其使用了位于同一个壳体内部的普克尔斯传感器和电容分压器。因此,只能测量交流电压。

[0010] 更多的现有技术描述了用于测量高压电线上的电压的、位于绝缘部内的普克尔斯盒电压传感器的使用,或者类似的技术,其中包括:US 6,380,725,US 5,029,273,US 5,635,831,US 6,388,434,US 6,946,827,US 6,411,077,JP 10132864,W02009/138120,US 4,269,483,US 6,492,800,US 7,769,250,US 7,057,792,US 6,353,494,JP 2005315815,JP 03044563,W000/13033,EP 0011110,US 4253061,W098/13698,CA 2,289,736和GB 1353543。

发明内容

[0011] 使用上述传统的普克尔斯盒配置的缺点是:金属电极需要紧邻附着到电压传感器的晶体。为了高压或者中压的目的,这需要大量的绝缘体,从而导致电压传感器非常大。此外,由于金属物体位于高电场中,所以会有电压传感器内的绝缘失败及电介质击穿的危险。这种电介质失效将导致电压传感器的立即失效,并可能导致电力传输系统的中断。因此,具有没有附着到晶体上的电极的电压传感器将会是有利的。因此,本发明的目的是提供一种用于在除了导体本身外不包括任何金属材料的情况下,测量导体的电压的方法和系统。

[0012] 通过下面的详细描述,上述需要和上述目的以及许多其他的需要和目的都将会显而易见,根据本发明的第一方面,提出了一种通过AC(交流)或DC(直流)输电系统,包括:第一电导体、第二电导体以及位于所述第一电导体和所述第二电导体之间的绝缘空间,所述输电系统进一步包括电场测量设备,所述电场测量设备包括:

[0013] 壳体,其由介电材料制造,并且所述壳体限定了第一开口端以及与所述第一开口端相对的第二开口端;

[0014] 第一光纤,其连接到光源;

[0015] 第一光学透镜,其在所述第一光纤的光学延续中,在第一开口端安装在所述壳体中;

[0016] 圆形偏振滤光器,其在所述第一光学透镜的光学延续中,安装在所述壳体中;

[0017] 晶体棒,其在所述圆形偏振滤光器的光学延续中,容纳在所述壳体中并封装于所述壳体内,所述晶体棒由具有电光特性的材料制造;

[0018] 线性偏振滤光器,其在所述晶体棒的光学延续中,安装在所述壳体中;优选地,其相对于晶体棒引入的光轴成 45° 的方向。

[0019] 第二光学透镜,其在所述线性偏振滤光器的光学延续中,在第二开口端安装在所述壳体中;以及

[0020] 第二光纤,其在所述第二光学透镜的光学延续中,所述第二光纤连接到光检测单元,所述电场测量设备位于所述绝缘空间内的所述第一电导体附近,并且所述电场测量设备限定了所述晶体棒和所述第一电导体之间的第一最小距离、以及限定了所述晶体棒和所

述第二电导体之间的第二最小距离,所述第二最小距离比所述第一最小距离至少大10倍,例如,100倍,优选的为1000倍,更优选的为10000倍,最优选的为100000倍。

[0021] 在本文中,申请人已惊奇的发现,即使接地参考远离带电导体,非常靠近导体处的电场强度仍然足够在显示出普克尔斯效应的晶体中产生可测量的延迟。本系统相对于一些现有技术中的系统来说,具有可测量AC和DC二者的额外的优点。输电系统的目标电流值的幅度一般为至少从几安培到几百或者几千安培。

[0022] 电场测量设备可构成用于测量和第二电导体相关的第一电导体的电压的电压传感器。可由气体(例如,空气)或者固体绝缘体(例如,由玻璃、陶瓷或者聚合物材料制造的绝缘体)来构成所述第一电导体和第二电导体之间的绝缘空间。

[0023] 电场测量设备的壳体一般由聚合材料(例如,塑料)制造。壳体优选的是不透明的,以防止外部的任何环境光影响测量。光源一般由发光二极管或者激光器构成,所述激光器通过第一光纤光学地连接到第一光学透镜。光纤保证确保在光源和第一光学透镜之间不会损失大量的光。以这种方式,光源可位于较远的位置,即,将光源放置在维修人员容易接触到的电压测量模块中。第一光学透镜用于校准从朝向圆形偏振滤光器的第一光纤发出的全部入射光。圆形偏振滤光器在入射光进入到晶体棒之前,使入射光被圆形偏振。晶体棒具有显示出普克尔斯效应的电光属性,以使得当晶体棒受到电场的作用时,入射光会经历延迟。基于如何对晶体进行切割以及入射光的方向,晶体可相对于由第一导体辐射的以及由电流生成的电场,朝向任何方向。然而,晶体的方向一般会平行于或者垂直于来自第一电导体的电场。晶体棒的长度一般在5mm和20mm之间。使用的材料可以是例如KD*P(DKDP,磷酸二氘钾)。当光离开晶体棒,并且在施加电场的情况下,出射光已经被延迟,这样圆形偏振就变成椭圆偏振。最后的线性偏振滤光器一般与在晶体棒中引入的光轴呈45°,这意味着与椭圆的主轴平行或者垂直。离开线性偏振滤光器的光的幅度从而对应于晶体棒所在位置处的电场强度。晶体棒所在位置处的电场强度的值可转换成第一导体的电压。因为当第一导体接地时,线性偏振滤光器将允许50%的光通过,即,留在晶体棒中的光将仍然被圆形偏振,所以可将正电压和负电压辨别为光的增加或者减少。通过第二光学透镜将留在线性偏振滤光器中的光由第二光学透镜收集起来,并通过第二光纤将收集起来的光引导到光检测单元,光检测单元对留在光学电压传感器中的光的强度进行检测。光源发射的光和光源检测单元检测的光之间的相对值对应于第一导体的电压。

[0024] 应当将电场测量设备的晶体棒放置在靠近第一导体的固定位置。应当将电场测量设备放置在显示出电场的位置,例如,电力线和地之间,并且不应将电场测量设备封装到第一导体内、显示出同样的电势的两个导体之间或者金属物体内。为了电压测量的高精度,晶体棒和第一导体之间的距离应当尽可能的小。晶体棒和第二电导体之间的最小距离应当超过晶体棒和第一电导体之间的距离至少10倍,优选的为100倍或者更多。

[0025] 根据第一方面的进一步的实施方式,所述第一电导体包括架空线或者电连接到架空线的金属物体。既可以将传感器放置在与相关的导体的电势相同的金属板附近,也可将传感器放置在导体本身的上方。导体一般为架空线。

[0026] 根据第一方面的进一步的实施方式,所述第二电导体包括与所述第一电导体绝缘的金属物体。所述第二导体可例如为具有不同于所述第一导体的电压、频率或相位角的电力线。

[0027] 根据第一方面的进一步的实施方式,所述第二电导体构成地。进一步的,所述第二电导体可构成接地参考,例如,支撑一个或者多个电力线的金属塔,或者架空线下方的地面。

[0028] 根据第一方面的进一步的实施方式,所述输电系统的所述第一电导体具有处于0.1kV和1000kV之间的额定电压,优选的为1kV和500kV之间,更优选的为5kV和100kV之间,最优选的为10kV和50kV之间。输电系统旨在传输电压至少为0.1kV及以上的电力。一般的AC和DC的输电电压范围都在1kV和500kV之间。

[0029] 根据第一方面的进一步的实施方式,当所述输电系统工作在它的额定电压时,所述晶体棒受到的有效电场强度为 $1 \times 10^4 \text{V/m}$ 和 $1.2 \times 10^8 \text{V/m}$ 之间,优选的为 $1 \times 10^5 \text{V/m}$ 和 $1.2 \times 10^7 \text{V/m}$ 之间。上述范围限定了一般的电场强度,在所述电场强度内,本电压传感器能够提供精确的测量。

[0030] 根据第一方面的进一步的实施方式,所述第一最小距离为0.1毫米到100毫米之间,优选的为1毫米到10毫米之间。为了电压测量的高精度,应当将电压传感器放置的尽可能的靠近第一导体。其中,与更远的位置相比,电场强度较高。

[0031] 根据第一方面的进一步的实施方式,所述第二最小距离为0.1米到100米之间,优选的为1米到10米之间。应当将电压传感器放置的尽可能的远离第二导体,以不影响电压测量。如以上所解释的,可通过另一个电力线、地或者接地的物体来构成所述第二导体。

[0032] 根据第一方面的进一步的实施方式,其中,通过所述晶体棒的光路的方向基本上平行于所述第一导体处的电场,或者可选的,其中,通过所述晶体棒的所述光路的方向基本上垂直于所述第一导体处的电场。通过使晶体棒的方向基本上垂直于电场,可将晶体棒放置地更加靠近导体。然而,通过使晶体棒的方向基本上平行于电场,可使用较小的、从而复杂度降低并且成本降低的晶体。

[0033] 根据第一方面的进一步的实施方式,所述圆形偏振滤光器由四分之一波片和线性偏振器组成。在优选的实施方式中,线性偏振器和四分之一波片均由单个薄板制造,以使光损失最小化。可选的,所述线性偏振器和四分之一波片构成两个不同的部分。所述线性偏振器和四分之一波片的朝向应该以下述方式设置:光首先进入所述线性偏振器,并随后进入到所述四分之一波片。

[0034] 根据第一方面的进一步的实施方式,优选地由磷酸钾制造的所述晶体棒显示出普克尔斯效应。因为当施加电场时,磷酸钾显示出高双折射率,这是普克尔斯效应的特征,因此,磷酸钾是优选的材料。

[0035] 根据第一方面的进一步的实施方式,所述电场测量设备进一步包括:

[0036] 第一密封装置,用于对所述壳体的所述第一端进行密封,所述第一密封装置具有用于容纳所述第一光纤的孔;

[0037] 第一固定装置,用于将所述第一光纤固定到所述壳体;

[0038] 第一容纳部,其附着到所述第一光学透镜,并适于容纳所述第一固定装置;

[0039] 第二固定装置,用于将所述第二光纤固定到所述壳体;

[0040] 第二容纳部,其附着到所述第二光学透镜,并适于容纳所述第二固定装置;

[0041] 第二密封装置,用于对所述壳体的所述第二端进行密封,所述第二密封装置具有容纳所述第二光纤的孔,以及

[0042] 第一和第二盖子,其分别固定到所述壳体的所述第一和第二端,所述第一和第二

盖子包括用于分别容纳所述第一和第二光纤的孔。通过使用用于固定所述光纤的固定装置和附着到用于容纳所述固定装置的光学透镜的容纳部,当在电场中装配光学电压传感器时,可将光纤放置到相对于光学透镜的最佳位置,而无需使用高精度设备。以这种方式,基本上可避免光强度的损失。此外,所述密封装置和盖子防止湿气进入到壳体,从而使得光学电压传感器不受天气影响。

[0043] 根据第一方面的进一步的实施方式,所述壳体由聚合材料制造,例如,塑料。优选塑料,因为它耐用并可构成不影响电场的介电材料。此外,可将塑料制成本质上不透明的,以防止任何环境光进入到所述晶体棒,从而干扰测量结果。

[0044] 通过下面的详细描述,上述需要和上述目的以及许多其他的需要和目的都将会显而易见,根据本发明的第一方面,提出了一种用于测量第一电导体的电压的方法,所述第一电导体与第二电导体相关,通过绝缘空间将所述第一电导体和所述第二电导体隔开,所述方法包括提供一种电场测量设备,所述电场测量设备包括:

[0045] 壳体,其由介电材料制造,并且所述壳体限定了第一开口端以及与所述第一开口端相对的第二开口端;

[0046] 第一光纤,其连接到光源;

[0047] 第一光学透镜,其在所述第一光纤的光学延续中,在第一开口端安装在所述壳体中;

[0048] 圆形偏振滤光器,其在所述第一光学透镜的光学延续中,安装在所述壳体中;

[0049] 晶体棒,其在所述圆形偏振滤光器的光学延续中,容纳在所述壳体中并封装于所述壳体内,所述晶体棒由具有电光特性的材料制造以产生延迟;

[0050] 线性偏振滤光器,其在所述晶体棒的光学延续中,安装在所述壳体中;

[0051] 第二光学透镜,其在所述线性偏振滤光器的光学延续中,在第二开口端安装在所述壳体中;

[0052] 第二光纤,其在所述第二光学透镜的光学延续中,所述第二光纤连接到光检测单元,所述方法还包括以下步骤:

[0053] 将所述电场测量设备放置在所述绝缘空间内的所述第一电导体附近,以使得第二最小距离比第一最小距离至少大10倍,例如,100倍,优选的为1000倍,更优选的为10000倍,最优选的为100000倍,所述第一最小距离限定为所述晶体棒和所述第一电导体之间的距离、所述第二最小距离限定为所述晶体棒和所述第二电导体之间的距离,以及

[0054] 检测光源发射的光和所述光检测单元检测的光之间的相对延迟。

[0055] 通过下面的详细描述,上述需要和上述目的以及许多其他的需要和目的都将会显而易见,根据本发明的第一方面,提出了一种用于校准包括在输电系统中的电场测量设备的方法,所述输电系统包括具有已知电压的第一电导体、具有另一个已知电压的第二电导体以及所述第一电导体和所述第二电导体之间的绝缘空间,所述电场测量设备包括:

[0056] 壳体,其由介电材料制造,并且所述壳体限定了第一开口端以及与所述第一开口端相对的第二开口端;

[0057] 第一光纤,其连接到光源;

[0058] 第一光学透镜,其在所述第一光纤的光学延续中,在第一开口端安装在所述壳体中;

- [0059] 圆形偏振滤光器,其在所述第一光学透镜的光学延续中,安装在所述壳体中;
- [0060] 晶体棒,其在所述圆形偏振滤光器的光学延续中,容纳在所述壳体中并封装于所述壳体内,所述晶体棒由具有电光特性的材料制造,用于产生延迟;
- [0061] 线性偏振滤光器,其在所述晶体棒的光学延续中,安装在所述壳体中;
- [0062] 第二光学透镜,其在所述线性偏振滤光器的光学延续中,在第二开口端安装在所述壳体中;以及
- [0063] 第二光纤,其在所述第二光学透镜的光学延续中,所述第二光纤连接到光检测单元,所述电场测量设备位于所述绝缘空间内的所述第一电导体附近,并且所述电场测量设备限定了所述晶体棒和所述第一电导体之间的第一最小距离、以及限定了所述晶体棒和所述第二电导体之间的第二最小距离,所述第二最小距离比所述第一最小距离至少大10倍,例如,100倍,优选的为1000倍,更优选的为10000倍,最优选的为100000倍;
- [0064] 所述方法包括以下步骤:
- [0065] 检测光源发射的光和所述光检测单元检测的光之间的相对延迟,以及
- [0066] 基于所述相对延迟和所述已知电压,计算校准常数。
- [0067] 通过以上显而易见的是,根据第二和/或第三方面的方法可与根据第一方面的系统组合使用。
- [0068] 在优选的实施方式中,所述绝缘空间构成气体绝缘空间,例如,充满 N_2 、 SF_6 或者优选的大气气体的空间。通常,所述第一电导体构成架空线,并且所述绝缘空间将会因此构成大气气体。所述电场测量设备从而可位于靠近所述第一电导体的地方,而无需损害所述绝缘空间的所述电绝缘特性。可以设想,其他气态物质也可用于绝缘空间,例如, N_2 、或者绝缘气体 SF_6 。

附图说明

- [0069] 图1示出了电场测量设备的工作原理;
- [0070] 图2示出了电压传感器相对于电力线的可能位置;
- [0071] 图3示出了电力线和电压传感器的支架;
- [0072] 图4示出了高压塔和电压传感器;
- [0073] 图5示出了可选的支架和绝缘子;
- [0074] 图6示出了可选的电压传感器;
- [0075] 图7示出了概念试验的第一证明的结果;
- [0076] 图8示出了概念试验的第二证明的结果;以及
- [0077] 图9示出了概念试验的第三(实线)和第四(虚线)证明的结果。

具体实施方式

- [0078] 图1A示出了根据本发明的构成电压传感器10的电场测量设备的第一个实施方式的横断面视图。电压传感器10的主要原理是普克尔斯技术。电压传感器10基本上是与施加的电场成比例的延迟的相位延迟器。电压传感器10的工作原理如下:光源12(例如,激光器或者发光二极管)产生的光被引导通过第一光纤14,进入到传感器壳体16。传感器壳体16包括塑料外壳,其中,第一光纤14进入到壳体16的一端,并且第二光纤18从壳体16的对端离

开。第二光纤18连接到光电检测器20,该光电检测器20包括如光电二极管。光纤14、18二者均耦合到各自的透镜22、24,所述透镜22、24对通过壳体16的中心的进行校准。在壳体16中,第一透镜22对输入的光进行聚焦,以使输入的光通过电压传感器10内部的元件。光路被定义为沿着z轴。传感器的所有光学部件被放置为与光路垂直(因此,在XY平面中)。壳体16的内部由三个部件组成:构成圆偏振器26的薄板、电光晶体28和线偏振器30。圆偏振器26依次由线偏振器和四分之一波片组成。光通过所有的部件,也就是说,所有部件被放置在光学延续中。圆偏振器26从薄板中切出,并且其必须被放置在传感器中,从而使得光首先进入到线性偏振器,随后进入到四分之一波片。圆偏振器26使得输入的光被圆偏振。通过圆偏振器26后,光通过电光晶体28,所述电光晶体28例如由KD*P(DKDP,磷酸二氘钾)制成,其中,电场引入的光轴被配置在XY平面。当受到电场的作用时,电光晶体28引起偏振的改变,使得输入的圆形偏振光改变为椭圆形偏振光。最终,光通过线性与电光晶体28引入的光轴呈45°角的偏振滤光器30。线性偏振滤光器30将基于入射光的偏振的椭圆率,允许或多或少的通过,该椭圆率又反过来依赖于施加到电光晶体28的电场强度。

[0079] 图1B示出了描述通过图1A的电压传感器10的圆偏振器26的线偏振器之后的光的偏振曲线图。来自光源的未偏振的光进入到电压传感器10的圆偏振器26的线偏振器,其中,线偏振器使光以与x轴呈45°角的角度线性偏振。

[0080] 图1C示出了描述通过图1A的电压传感器10的圆偏振器26的四分之一波片之后的光的偏振曲线图。四分之一波片引入了沿着x轴的光的电场元件和沿着y轴的光的电场元件之间的90°的相移,从而使光进行圆形偏振。

[0081] 图1D示出了2个曲线图,其分别描述了通过电光晶体28后的光的偏振,已对该2个曲线图进行了剪裁,以使得当对晶体28施加电场时,引入的光轴在xy平面中。当圆形偏振的光进入到晶体28并且对该晶体28施加电场时,平行或者垂直于引入的光轴的光的电场元件之间的相移将会基于施加的电场的方向,如图1D所示的那样稍微增加,或者如图1E所示的那样稍微减少。因此,输入光的圆形偏振会从以实线表示的圆形压缩到以虚线表示的椭圆形,基于施加的电场的方向,该椭圆朝向光轴的45°或者-45°方向。施加的电场越强,产生的椭圆就会更大。

[0082] 晶体相对于圆形偏振器26的方位角旋转是无关紧要的,这是因为所产生的光的偏振是方位角对称的圆形。实际上,圆形偏振器是90°的相位延迟器。电光晶体,优选的KD*P晶体,是有朝向的,以使得平行地施加到光路的电场引入垂直于光路的光轴。这种现象称为普克尔斯效应。这将引起垂直和平行于该轴的线性偏振光之间的相位延迟:

$$[0083] \quad \Delta\phi = \frac{\pi n_o^3 V}{\lambda}$$

[0084] 其中, $\Delta\phi$ 是垂直和平行于光轴的偏振的光之间的相位差,r是线性电光系数, λ 是光的真空波长,以及V是晶体上的电势。因此,已经圆形偏振的光将基于电场的强度和方向,经历进一步的相位延迟。这将使光的偏振状态为椭圆,其中,如图1D和1E所示(引入的光轴沿着y轴的方向),椭圆的长轴与晶体中的光轴呈45°或者-45°。

[0085] 显示的虚线是当光通过线性偏振滤光器30之后,离开传感器时的光的状态。如图1D所示,较长的虚线意味着较高的光波幅度,其反过来又意味着较高的光强。如图1E所示,较短的虚线意味着较低的光波幅度,其反过来又意味着较低的光强。因此,在施加的电场的

强度和方向与产生的光强之间具有相关性。可通过光电检测器(例如,光敏二极管)来测量这种变化,并且能够将这种变化转换成要被测量的导体的电压。

[0086] 光在进入晶体28之后,进入的最后的线性偏振滤光器30是与引入的光轴呈 45° 角的偏振器。该最后的偏振器30也从薄板切出,并且必须要与晶体28中引入的光轴呈 45° 。在本文中,滤光器逆时针旋转 45° 。曲线显示光通过该最后的滤光器之后,光的偏振状态。如果对晶体28不施加电场,那么允许一半的入射光通过该最后的滤光器(在理想的情况下,除了偏振效应外,没有光损失)。如图1D所示,如果椭圆被沿着偏振器“拉伸”,那么如线所指示的,允许多于一半的光通过该最后的滤光器。然而,如果椭圆被“挤压”,那么允许少于一半的光通过该最后的滤光器。因此,较高的电场导致椭圆的较大的拉伸/挤压,这给出了不同于一半的强度的较高的结果光。这是传感器的主要原理。

[0087] 在本文中,可将输入光的一半强度指定为直流(DC)光。可将不同于偏振效应的叠加光指定为交流(AC)光,因为它是施加到电势要被测量的导体的AC电压的结果。在本文中,与DC光信号相比,AC光信号非常小,因此,可将DC光从电子中的全部信号中滤除,仅留下AC光信号。随后可校准AC光的幅度,以将它转化为传感器附着的导体的电压的幅度。

[0088] 图1F示出了通过图1A的电压传感器10的最后的线偏振器30之后,作为光的延迟的函数($I = I_0 \sin^2(\varphi)$)的光强。当看到图1F时,能够看出使用圆形偏振器而不是仅使用线偏振器的原因。如果在晶体28之前没有延迟,由于晶体28上的AC电场而引起的强度变化将会大约为0,这是强度函数的倒数为最小值时的取值。这还意味着正电场和负电场之间的光强没有差别,从而使得难以确定相位。通过将“0电压”点移动到对应于 90° 的延迟偏移,两个优点会变得显而易见:首先,施加的正电场和负电场之间有明显的差别,其次,“0电压”(即输入光的一半强度处)的附近的函数近似为线性,这导致“0电压”附近的延迟变化的灵敏度最大。在附图中,已经圈出了该区域。

[0089] 图2A示出了描述电压传感器10的可能位置的第一实施方式。电压传感器10被放置在构成电力线32(例如,高压线)的架空线附近。附图标记34表示地。示出的电场线位于电力线32和地34之间。必须与通过晶体28的光路平行的施加电场。电压传感器10如此放置,以使得电压传感器10的电光晶体28尽可能的靠近电力线32。A表示电光晶体28和电力线32之间的距离,B表示电光晶体28和地34之间的距离。距离B至少比距离A长10倍。邻近电力线32的晶体28处的电场强度近似为线性,并且随着到电力线32的距离的增大而以二次方的速度降低。

[0090] 图2B示出了描述电压传感器10的可能位置的第二实施方式。以下述方式对晶体28进行切割也是可能的:电流通路和电场二者与光通过晶体28的方向呈 90° 角。这样切割的优点是:可容易地将晶体放置在靠近电力线的地方,而不会受到透镜和光纤的阻挡。

[0091] 图2C示出了描述电压传感器10的可能位置的第三实施方式。以下述方式对晶体28进行切割也是可能的:电场与光通过晶体28的方向呈 90° 角,而电流通路与光通过晶体28的方向平行。该实施方式的优点是:可容易地将晶体28放置在靠近电力线的地方,而不会受到透镜和光纤的阻挡,并且通过增加晶体28的长度,可容易地提高灵敏度。

[0092] 图2D示出了描述电压传感器10的可能位置的第四实施方式。图2D与图2C类似,不过图2D进一步包括用于支撑电压传感器10的板36。板36可由导电材料制成,例如,金属材料,或者诸如塑料的介电材料。板使用的金属使得板36上具有的电势与电力线32的电势相

同。可以以下方式来构造电压传感器10:光纤14和透镜(本文中未示出)穿过金属板36中的洞,所述金属板36与导体具有相同的电势。板36从而可用于允许将晶体28放置在比其他任何可能的情况都靠近导体的地方,由此将距离A最小化。

[0093] 图2E示出了描述电压传感器10的可能位置的第五实施方式。图2E与图2B类似,不过图2E进一步包括用于支撑电压传感器10的板36'。板36'的上半部分形成用于暂时或者永久地抓住电力线32的钩形部件。

[0094] 图2F示出了描述电压传感器10的可能位置的第六实施方式。图2F与图2A类似,不过图2F进一步包括用于支撑电压传感器10的板36''。

[0095] 图2G示出了描述位于电力线32上方的电压传感器36的可选的位置的第七实施方式。本实施方式与图2C类似,不过本实施方式与上面提到的其他实施方式兼容。因为向外突出的电场线将与导体相邻,并将在电力线32的导体的周围形成线性电场,因此不需要将电压传感器10放置在电力线32的正下方。围绕并且邻近电力线32的导体的任何位置都是允许的。在电场线最终朝向地面之前,电场线最初将会向外突出,且均匀的分布在导体周围。因此,在本实施方式中,在电场线弯曲朝向地面之前,电场线将向上通过电压传感器10的晶体28。

[0096] 图3A示出了正附着到电力线32的电压传感器支架38的透视图。电压传感器支架38由金属制作,其包括弹簧柄40和螺丝夹持器42。弹簧柄40由转轴45固定,并且负载有弹簧(未示出)。螺丝夹持器42包括螺杆44。螺杆44位于螺纹座46中。手柄48用于转动螺杆44,从而固定或者松开螺丝夹持器42,手柄48与螺杆44的背向电力线32的一端连接。固定间隔件50与螺杆44朝向电力线32的一端连接。固定板36提供了用于将电力线32固定在安全位置中的较大的固定区域。固定间隔件50可优选的与电力线32的外表面相对应的有轻微的起伏。通过顺时针转动手柄48,可将第二光纤18牢固的固定到电力线支架上。因此,通过逆时针转动手柄48,可松开第二光纤18。

[0097] 电压传感器支架38进一步包括延伸部52和细长杆54,细长杆54与延伸部连接并与电压传感器支架38的剩余部分相对。电压传感器10附着到细长杆54上。因为电压传感器支架38由金属制造,因此,细长杆的电势将会与电力线32的电势相同。

[0098] 图3B示出了正附着到电力线32的电压传感器支架38的侧视图,其中的支架与图3A示出的支架类似。

[0099] 图4示出了包括多个电力线32、32'的高压塔56,其中至少部分电力线的电压、频率和/或相位角彼此不同。图4所示的塔的设计只能理解为例子,其可基于国家和地区环境而改变。通过绝缘子58将电力线32和接地的塔56分离。电压传感器10的电光晶体(未示出)定义了其到电力线32的最小距离A。在电力线32和接地的塔56,具有另一个电压、频率和/或相位角的另一个电力线32',以及地34之间形成了电场。电压传感器10的电光晶体(未示出)定义了其到作为接地参考的高压塔56的最小距离B1,其到具有另一个电压、频率和/或相位角的另一个电力线32'的最小距离B2,以及其到高压塔56所位于的地面34的最小距离B3。基于电压传感器10的状况和位置,B1、B2或B3中的任意一个都可以是最小距离。通常,如所示出的,电压传感器10位于靠近塔的位置,并优选的紧邻绝缘子58,此时距离B1将会取最小值。然而,在电压传感器10位于两个塔56之间的情况下,其到另一个电力线32'的最小距离B2或到地的最小距离B3将比到塔56的最小距离B1小。

[0100] 图5A示出了组合的绝缘子和电压测量系统。在特定的实施方式中,中空绝缘子58'耦合到由介电材料制作的电压传感器支架38'上。该电压传感器支架与图3A中的电压传感器支架38在原理上类似,不过该电压传感器支架额外的包括中空环60和附着在中空环60上的中空的圆柱形基座62。该中空的圆柱形基座62具有用于进入由中空的圆柱形基座62和中空环60确定的内部空间的圆形的开口64。中空环60附着在中空的圆柱形基座62的背向圆形开口64的封闭侧。电压传感器支架38'可用于灵活地将电流测量系统固定到电力线32上。电力线32包括细长导线或者一组直径大约为10mm的导线。为了正常的空气绝缘的高架应用,电力线32没有任何的绝缘涂层。电力线32还可包括一组捆绑在一起的更细的导线。电力线32由具有良好的导电能力的金属制造,通常为铝、或可选的铜。间隔件50由软性材料制造,例如,塑料或者橡胶,其可用于避免电压传感器支架38'和电力线32的直接接触。中空环60、中空的圆柱形基座62和电压传感器支架38'由具有足够硬度的介电材料制造,以承受多年的户外使用。例如,这种材料可以是复合的聚合物材料。

[0101] 电压传感器10位于中空环60内部的特定测量位置10'(虚线)。电压传感器包括由塑料材料制造的小的、细长的圆柱体,并且其尺寸适合放置在中空环60内。该特定测量位置被定义为与电力线32并列并且与电力线垂直的位置,以使得在通过电压传感器10的光束方向上的电场线最大化。通过固定部66将电压传感器10固定在该特定测量位置。固定部66包括柔性杆68和夹持件70。夹持件70与柔性杆68连接,其包括两个用于夹紧电压传感器10并将其固定在安全位置的爪夹。柔性杆68在将其松开的状态下基本上是直的。通过将柔性杆68放置在中空环60内,柔性杆68将会呈现基本上弯曲的状态,从而可对中空环60的内壁施加摩擦力。杆68具有一定的长度,以将电压传感器支架38'置于测量位置。光纤14、18容纳在中空环60的内部。光纤的柔韧性有限,所以当受到大的弯曲力或者曲率时,光纤可能会断裂或者受到损害。中空环60的曲率不应该超过光纤14、18所能承受的最大曲率。优选的,将光纤14、18封装在橡胶、塑料或者类似物中。中空环60必须由非导电材料制造,以防止它屏蔽电场中的传感器10。

[0102] 图5B示出了包括如上所述的电压传感器支架38'和中空绝缘子58'的高压塔56。电压传感器支架38'安装在中空绝缘子58'上,以使得光纤14、18可被引导通过绝缘子58'。以这种方式,可保护电压传感器10和光纤14、18免受风和天气的损害。可引导光纤14、18通过塔56,到达塔56的基座。

[0103] 图6A是特别适用于户外使用的电压传感器10"的第二实施方式的横截面图。电压传感器10"包括长方形的壳体16',其限定了分别由16"和16"'表示的第一端和相对的第二端。在壳体16'的第一端16",安装有第一密封72,该第一密封72具有容纳第一光纤14'的孔。第一光纤固定装置74安装在壳体16'上。第一光纤固定装置74具有容纳光纤14'的孔。第一光学透镜22'具有用于容纳光纤14'和第一光纤固定装置74的第一容纳部76。圆形偏振滤光器26'安装在第一光学透镜22'的光学延续中。电光材料的晶体棒28'位于圆形偏振滤光器26'的光学延续中。在晶体棒28'的相对端,线性偏振滤光器30'安装在其光学延续中。第二光学透镜24'安装在第二偏振滤光器30'的光学延续中。第二光学透镜24'包括用于容纳第二光纤固定装置80的第二容纳部78。第二密封82具有容纳第二光纤18'的孔,该第二密封82位于第二光纤固定装置80的光学延续中。

[0104] 两个光纤14'、18'分别通过第一密封72和第二密封82插入到第一光纤固定装置74

和第二光纤固定装置80。通过两个传感器盖84、86分别将光纤14'、18'机械地固定在壳体16'上。传感器盖84、86固定光纤14'、18'并封闭电压传感器10'。

[0105] 图6B是电压传感器10'的透视图,其中示出了壳体16'中的凹槽90,该凹槽90与晶体棒28'平行地延伸。凹槽90可具有平坦的底壁或者可选的圆形的底壁,以更好的将电压传感器10'固定到电导体。凹槽90并入到壳体中,以使晶体棒28'尽可能的靠近电力线,并且还进一步的具有将电压传感器10'固定在与电力线呈90°角的位置的优点。凹槽90可以为任意长度,但是优选的,其长度与晶体棒28'的长度相同或者略短。

[0106] 图6C是电压传感器10'的透视图,其中示出了壳体16'可进一步包括一组翼部88,其用于通过胶条或者其他紧固装置将电压传感器10'安装到电力线上。用于壳体16'和盖84、86的材料优选的为能够承受-40°C到150°C的温度范围并具有电绝缘性能的塑料材料。该材料优选的不会透过400到1000nm范围内的光。具有上述性能的材料可以是塑料材料,例如,聚醚酰亚胺(Ultem)或聚醚醚酮(PEEK)。固定翼88可以并入凹槽90(未示出)的几何扩展中。

[0107] 根据本发明的光学电压传感器体型非常小,从而可有利地将其集成到用于在例如现有的LV或MV模块中的CAN上生成模拟电压的光学电压模块中(未示出)。因此,不需要对现有的模块和测量配置进行特别的改变。

[0108] 概念证明

[0109] 图7示出了概念试验的第一证明的结果。x轴是施加的电压(以伏特为单位),y轴是表示测量的任意值。在第一试验中,将传感器构造为与申请人公司生产的市场上可买到的电流测量模块DISCOS®Opti模块相兼容。因此,电子测量硬件与光纤和透镜都是可从市场上买到的。普通DISCOS®电流传感器中的传感器壳体、电光玻璃棒和偏振滤光器被定制的不同的电压传感器所取代。

[0110] 概念证明的第一步骤是执行理论上的计算,以检测本系统和方法的可行性。基于琼斯代数编写了计算机程序,该程序能够模拟光通过不同媒体的偏振状态。在市场上可买到的光学电流传感器模块中可检测到的最小电流约为1A。模拟器用于使用市场上可买到的电流传感器模块来计算1A的交流电所导致的光强的变化。随后,确定需要将哪个电压施加到电压传感器,以得到同样的光强变化。模拟的结果是来自电压传感器的1V的信号对应于50A的电流信号。这意味着20mV的最小电压是可检测的,考虑到电力分配技术领域内的典型的电压是数kV,这是极其敏感的。

[0111] 普通的配置具有透镜,其中从发光二极管发出的输入光进入到一端的传感器。在光退出将光聚焦到光纤中的其他透镜,并将光引导回光电二极管之前,光随后穿过一些元件(滤光器以及晶体)。第一滤光器是线性偏振器;下一个是四分之一滤波片;随后光进入到KD*P晶体,并最终进入到第二偏振器(也称为分析器)。电极也被插入到晶体的各侧,以在晶体上生成与光的轨迹平行的电场。因为电场平行于光的轨迹,所以这就是所谓的纵向传感器或者纵向配置。

[0112] 第一传感器所使用的从薄板切出的偏振滤光器与电流传感器中的偏振滤光器类似。使用的半波片精度极高,可从BBT公司得到该半波片。从EKSMA公司得到电光晶体。这种晶体可能是特定形成的,可根据规格对其进行切割。使用的晶体的尺寸是(x,y,z)=(1,1,2)cm,其z轴平行于光的轨迹。对晶体进行切割,以使沿z轴施加的电场感生出沿x轴的中和

轴(从而将它作为纵向传感器)。电极是薄铜板,每个电极的中间都有孔,以允许传感器和光通过。

[0113] 光纤连接到上面提到的 DISCOS® Opti 模块,该模块是电流传感器,使用称为 Discman™ 的图形化的 PC 工具进行测量。图7示出了第一试验的结果。

[0114] 从图7中可以看出,1伏特的施加电压几乎读作从电流传感器读出的1安培的电流。尽管不如使用上述软件进行的理论上的预测那么好,但是该结果还是很好的处于使用的设备的灵敏度范围内。可通过相当多的光在滤光器中丢失的事实,来解释与理论上预测的结果的差异。

[0115] 我们发现沿着光路的晶体的长度是无关紧要的,这是因为通过由于晶体任何一侧的上的电极之间的距离增加而导致的电场的降低,可消除由于晶体的长度而引起的相位延迟的增加。然而,较短的晶体具有其他优点,例如,可减少光损失并降低成本。因此,接下来的传感器由5mm长度的晶体制造。此外,我们发现现代的3D眼镜,例如用于在电影院观看如著名电影阿凡达的3D电影的3D眼镜,实际上是圆形偏振器。因此,通过从这种3D眼镜中剪切出单个膜层来取代第一偏振滤光器和昂贵的四分之一波片是可能的。在3D眼镜中使用的偏振膜在市场上也以片材的形式销售。

[0116] 图8示出了概念试验的第二证明的结果。X轴是施加的电压,y轴是测量的结果。在第二个试验中,使用了组合的第一偏振滤光器和四分之一波片。与单独使用偏振滤光器和四分之一波片相比,这会导致较低的光损失。

[0117] 为了在电光晶体上形成最大化的电场,应当将电压施加到位于晶体的各侧上的相对的电极,并分别构成地和线电压。然而,任何导体均辐射电场,并且靠近导体的电场强度会相当强。因为测量晶体上的仅几伏的电势降是可能的,所以,尽管到最近的地仍有数米,但是10kV的导线还是能测量的。

[0118] 图9示出了在非常靠近导体处所作的两种测量的结果。x轴是施加的电压(kV),y轴表示测量的任意值。图9中的实线显示感测点距离导体约2cm时,电压测量的结果。结果表明,即使在地处于很远的位置的情况下,电压还是必然可测量的。然而,这种方法使电压传感器更容易受到三相系统中相邻相位的电场的影响,其中,相邻相位必然不影响测量。然而,电场强度与距离的平方的倒数成比例的下降,并且由于相邻导体比要被测量的导体距离传感器的距离至少要远约100倍,并且相邻相位的场矢量通常与晶体呈一定角度,所以可忽略相邻相位的影响。

[0119] 下一阶段是建立全光的组合传感器。为了该目的,使用了标准的空中 DISCOS® 户外组合传感器。从传感器的顶部拉出两个光纤,其中的一个去往也放置在顶部的电流传感器。另一个光纤一直走,其穿过顶部,到达刚好放置在顶部下方的电压传感器。放置电压传感器,以使光指向远离导体的方向,其中光的方向与导体辐射的电场的方向平行。空的绝缘管附着于传感器的底部,传感器的底部是连接到地电位的金属板。这在管内部(传感器置于其中)创建了更加强大和均匀的电场。图9的虚线示出了结果。

[0120] 由空中传感器执行的测量不需要接地的底板。然而,连接到该板只会引起信号中的很小的变化,这可能是由于与到底板的距离相比,管的长度相对来说较长(28cm)。这确实给以下的想法一些支持:近电场与深奥的几何学关系不大,因此,即使在附近存在其他相位,也可消除传感器中接地连接的必要性。后面的计算已经证实,近电场实际上基于独立于

附近的不同电势的导线。

[0121] 通过将建议的全光组合传感器的规格与DISCOS户外组合传感器进行比较,可容易地描述该全光组合传感器的规格。除了一些关键区别外,前者与后者的规格非常相似。

[0122] 原型的规格:

[0123] 电压范围:100V-500.000V。较低的电压可约为1V,但是,这将要求电极附着到传感器的任一侧,这样会降低最大电压。

[0124] 估计精度:2%。电流传感器所引起的光强的变化非常相似,并且电子设备也将会非常(或者,可能完全的)相似,因此,精度可能会差不多相同。

[0125] 导体材料:优选为铝、铜或者任何其他导电材料。

[0126] 工作温度:-40℃到75℃。

[0127] 重量:约500g。

[0128] 预期寿命:50年。

[0129] 参考附图的附图标记:

[0130]

10. 电压传感器/电场传感器	50. 间隔件
12. 光源	52. 延伸部
14. 第一光纤	54. 细长杆
16. 壳体	56. 高压塔
18. 第二光纤	58. 绝缘子
20. 光电检测器	60. 环
22. 第一准直透镜	62. 基座
24. 第二准直透镜	64. 开口
26. 圆形偏振器	66. 固定部
28. 电光晶体	68. 杆
30. 线偏振器	70. 夹持件

[0131]

32. 电力线	72. 密封装置
34. 地	74. 第一固定装置
36. 薄板	76. 第一容纳部
38. 电压传感器支架	78. 第二容纳部
40. 弹簧柄	80. 第二固定装置
42. 螺丝夹持器	82. 第二密封件
44. 螺杆	84. 第一盖子
45. 转轴	86. 第二盖子
46. 螺纹座	88. 翼部
48. 手柄	90. 凹槽

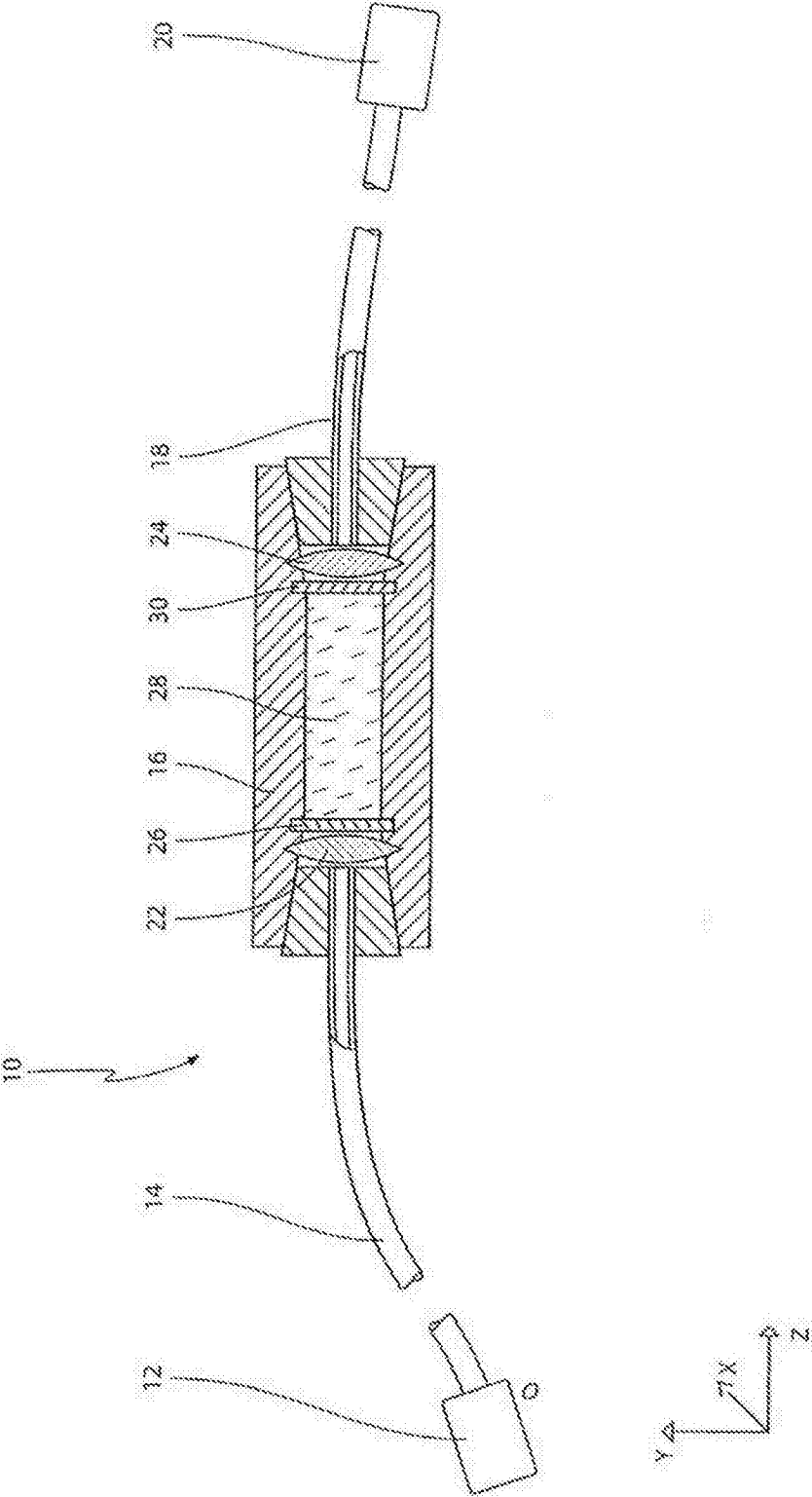


图1A

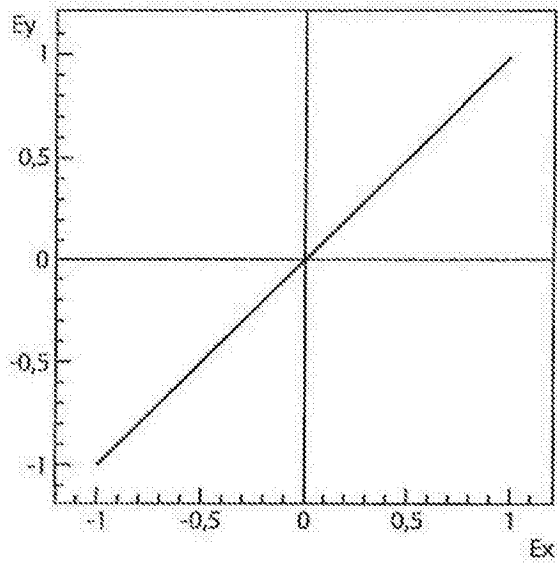


图1B

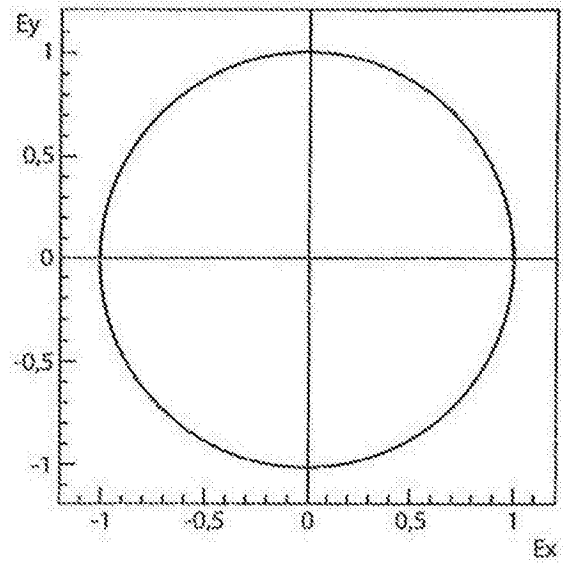


图1C

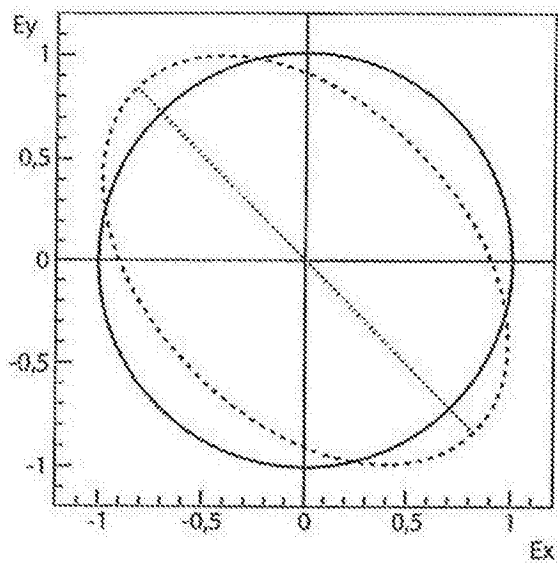


图1D

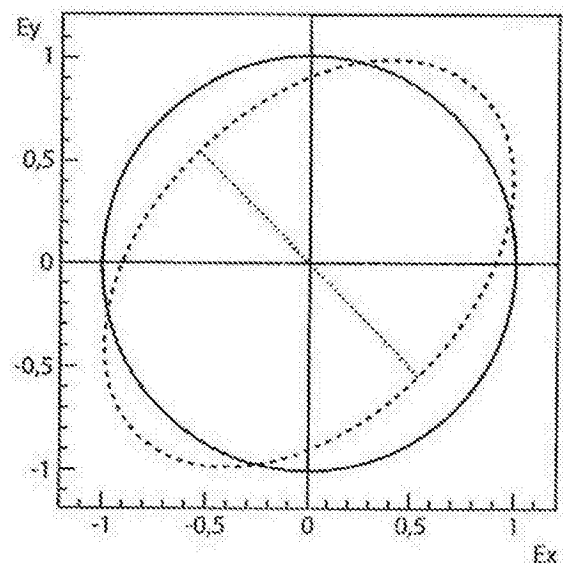


图1E

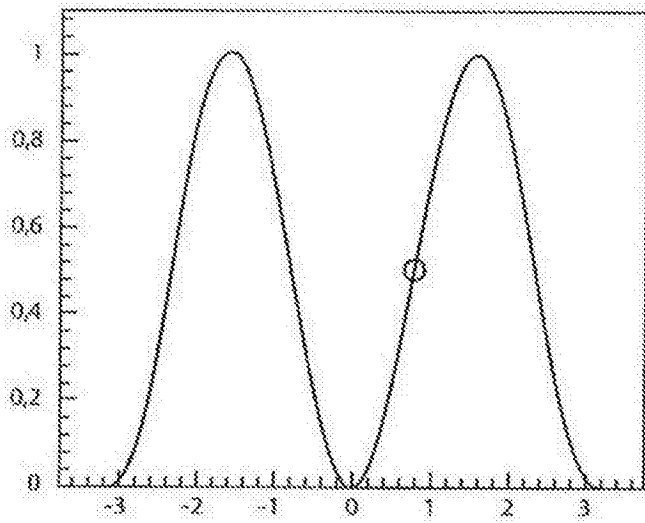


图1F

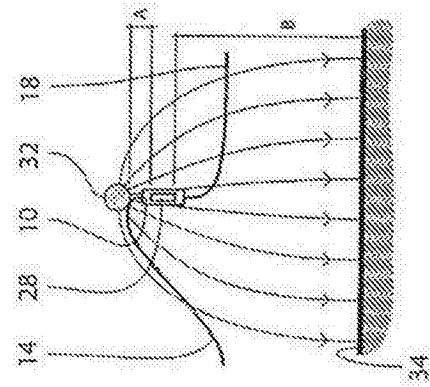


图2A

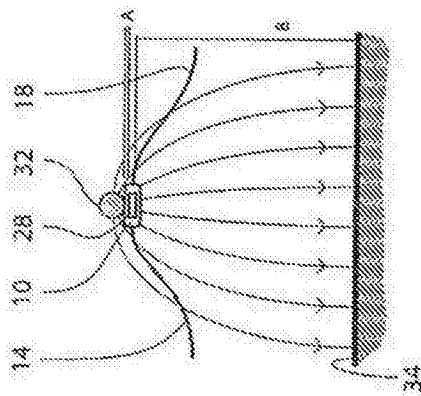


图2B

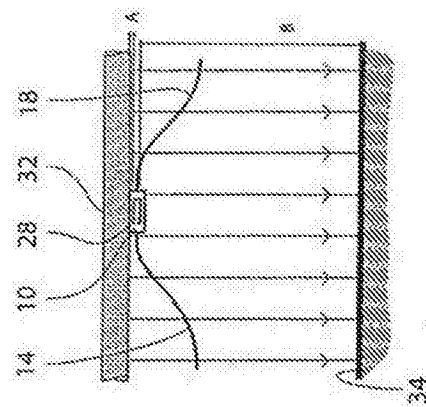


图2C

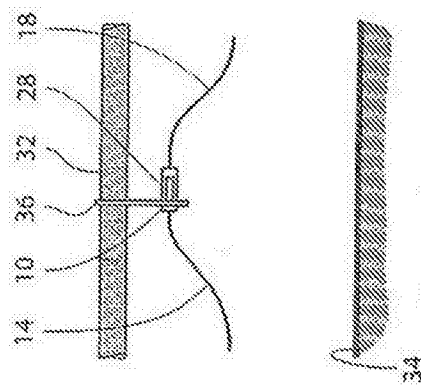


图2D

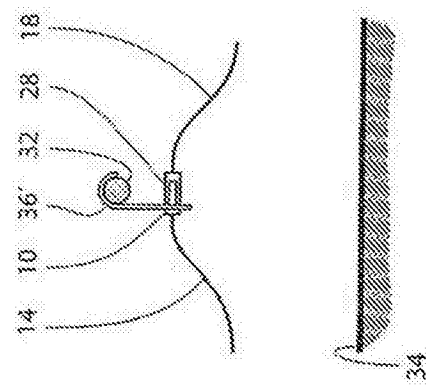


图2E

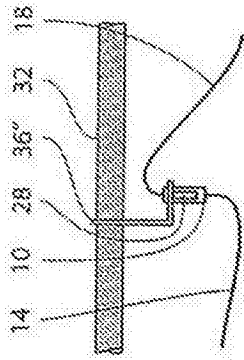


图2F

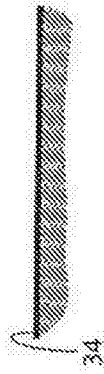


图2G

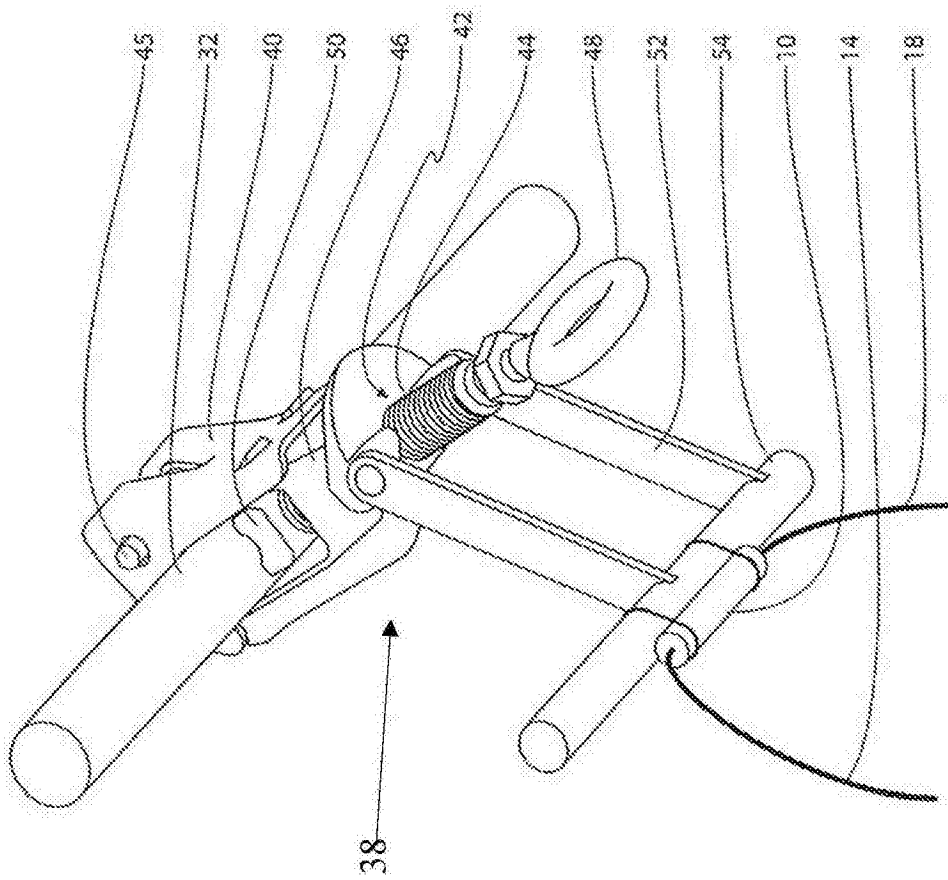


图3A

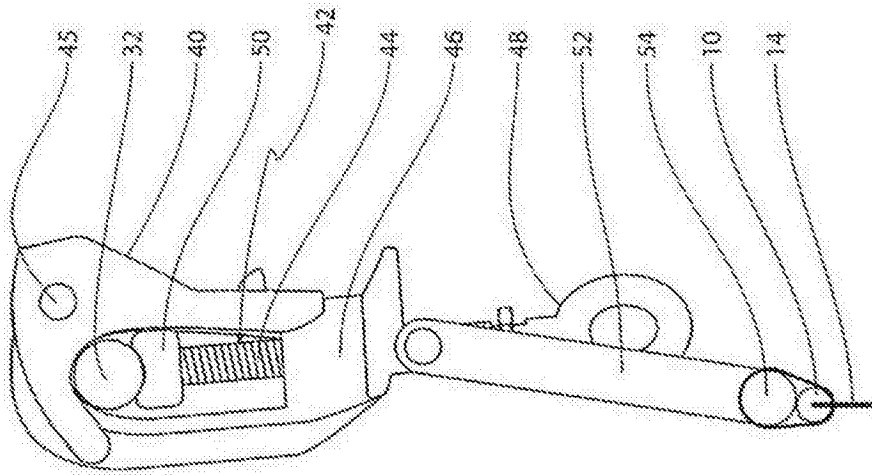


图3B

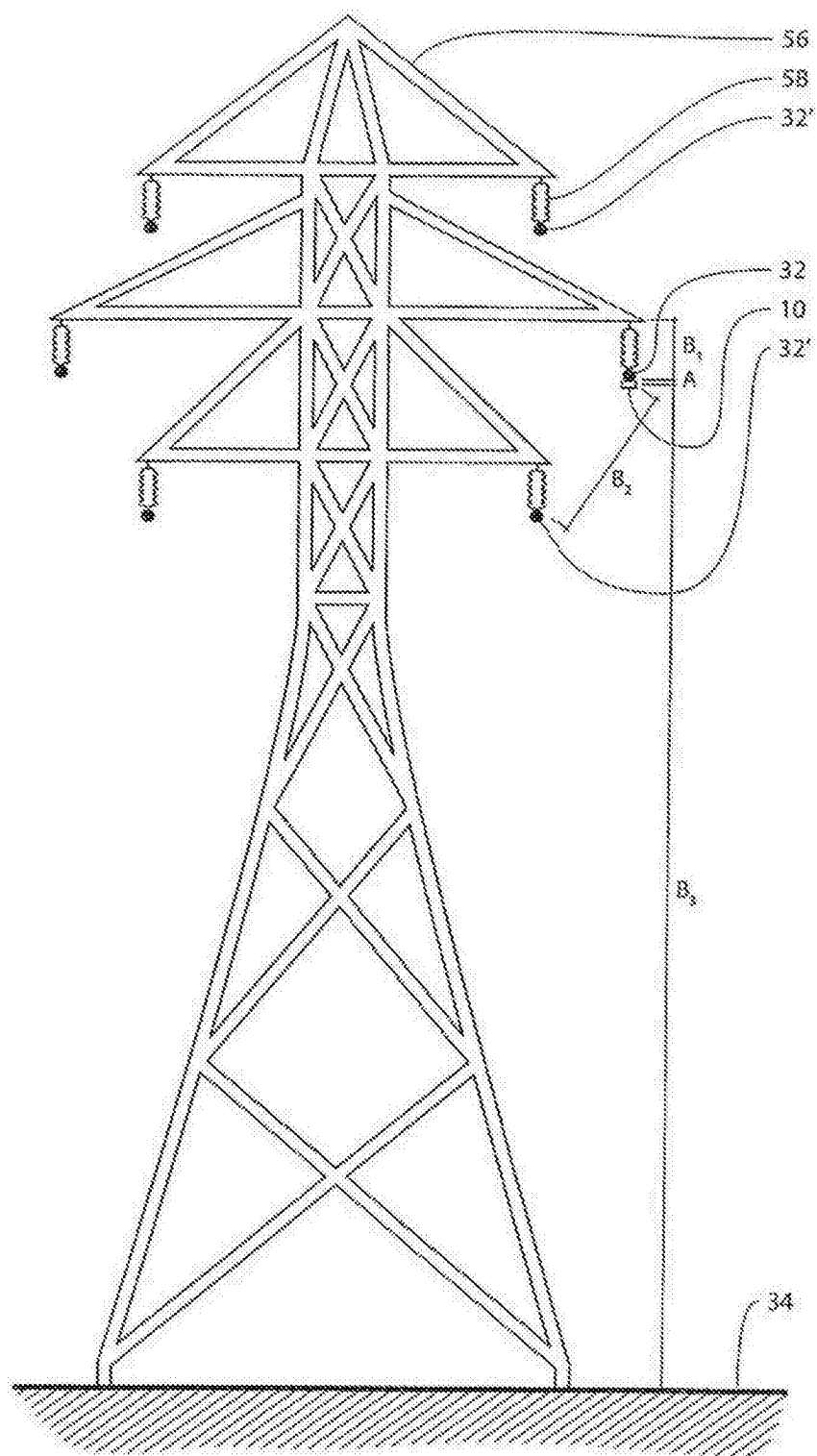


图4

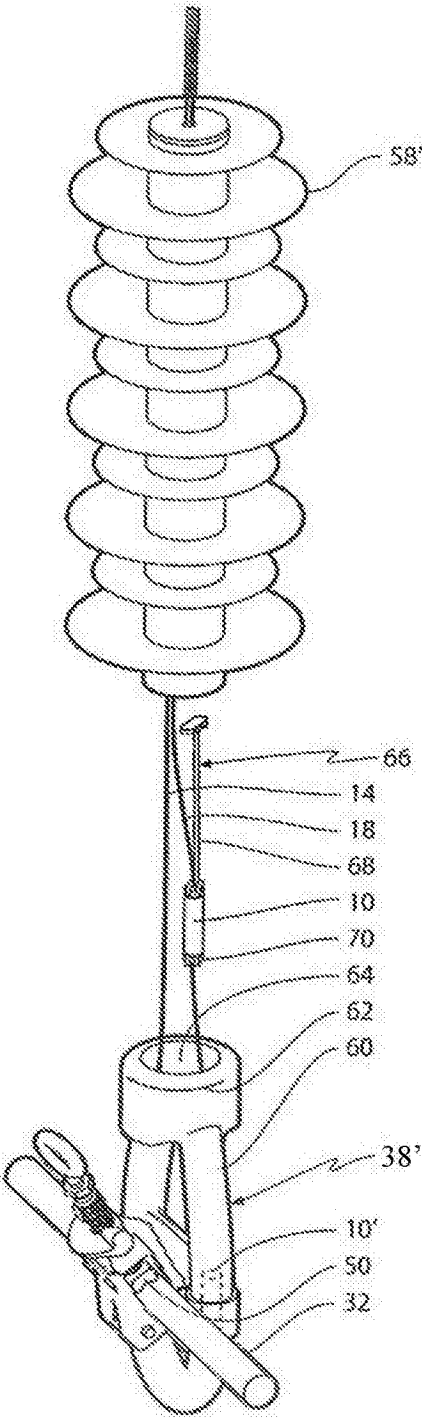


图5A

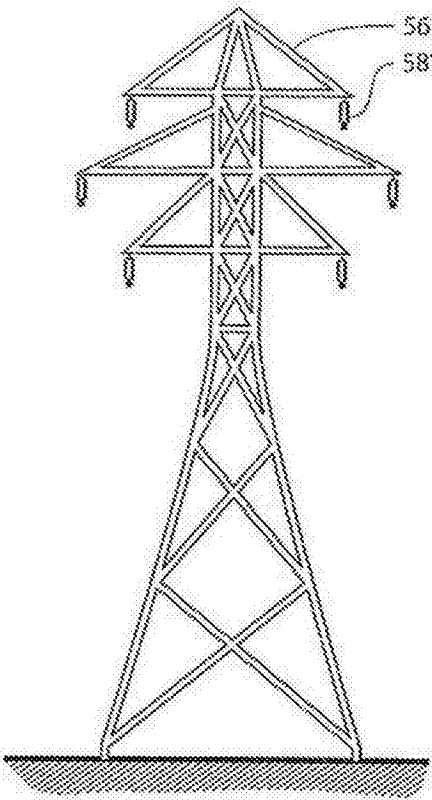


图5B

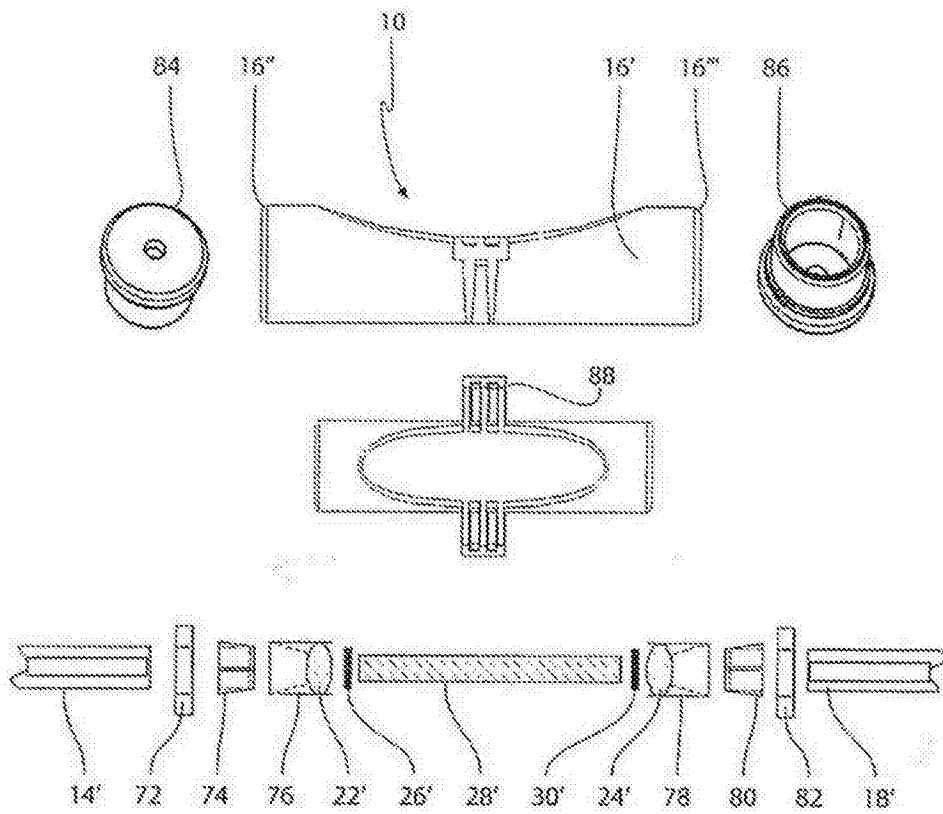


图6A

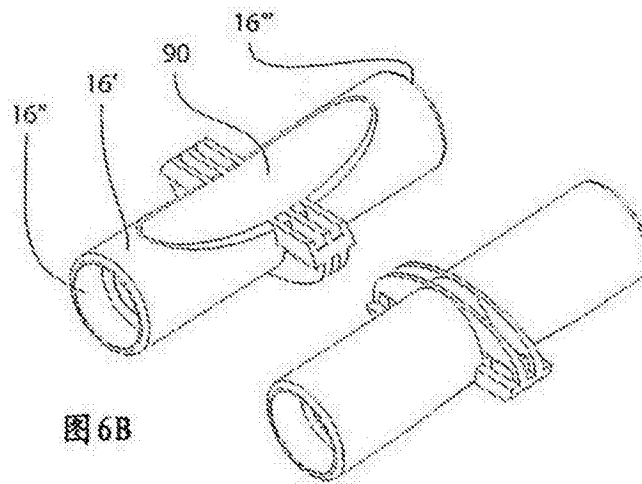


图6B

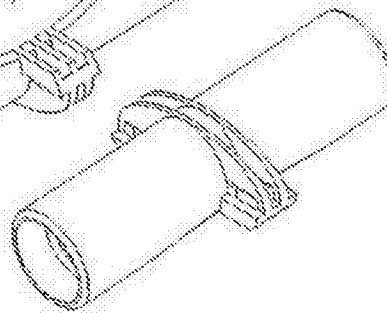


图6C

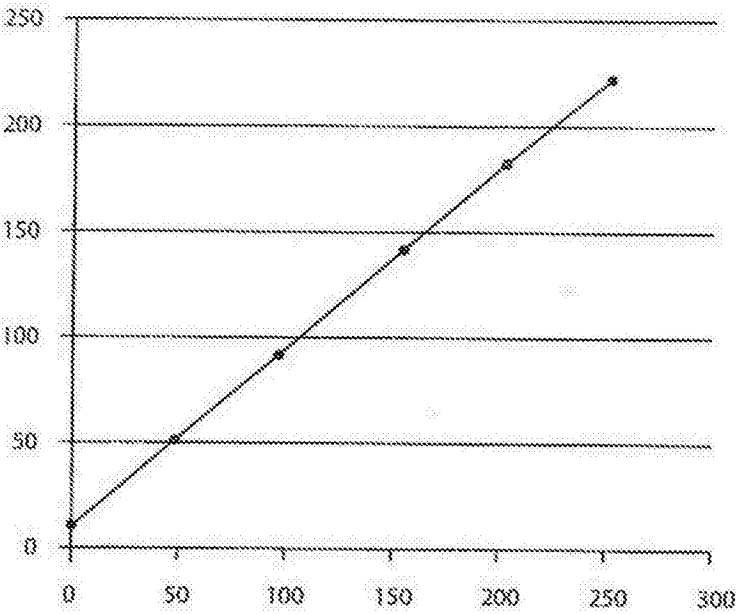


图7

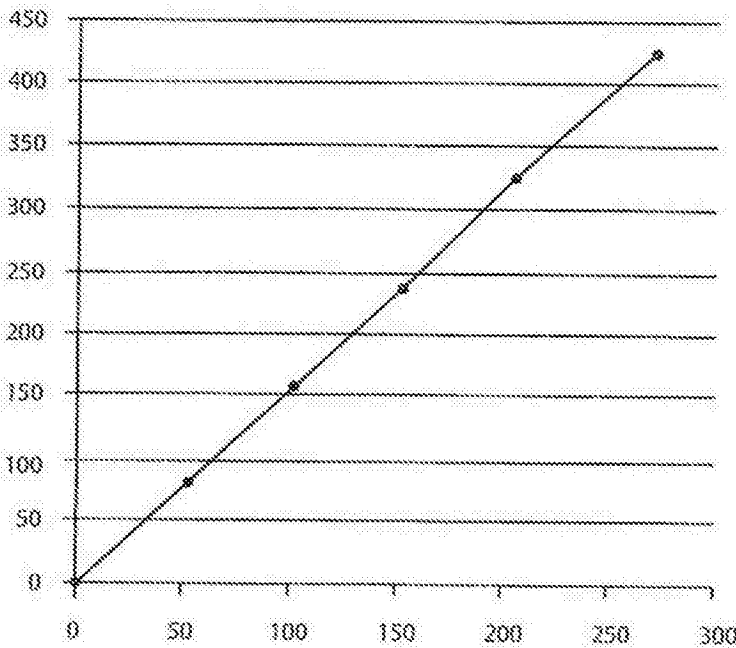


图8

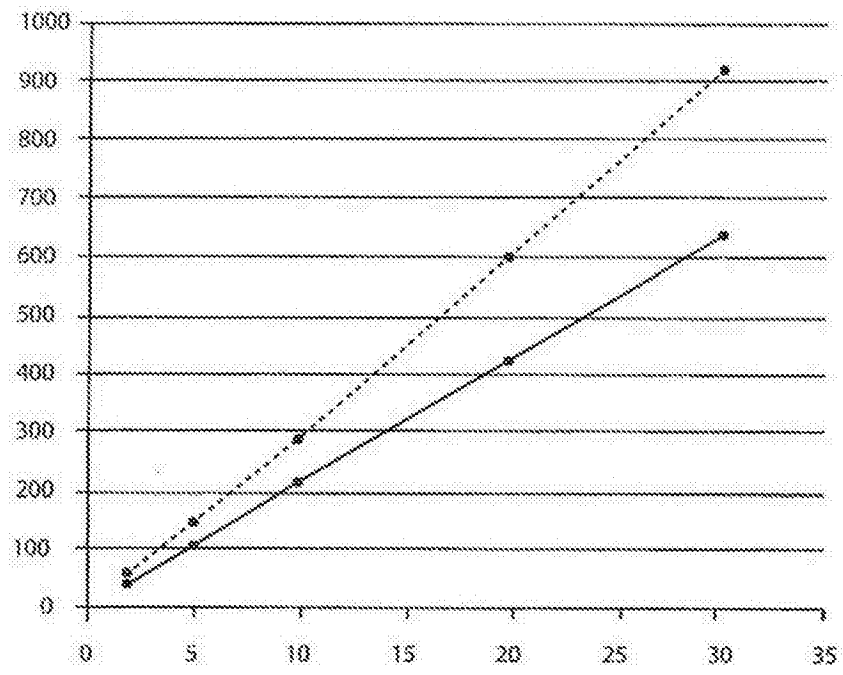


图9