



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101539592 B

(45) 授权公告日 2015. 07. 29

(21) 申请号 200910129083. 3

(22) 申请日 2009. 03. 19

(30) 优先权数据

12/051290 2008. 03. 19 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 S·G·M·克雷默

Y·N·M·埃尔南德斯

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 周心志 曹若

(51) Int. Cl.

G01R 15/24(2006. 01)

G01R 19/00(2006. 01)

审查员 汤莎亮

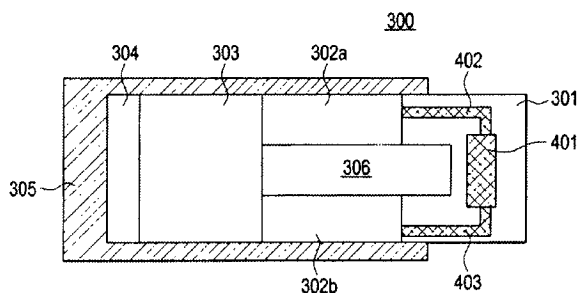
权利要求书1页 说明书7页 附图4页

(54) 发明名称

微机电电流传感装置

(57) 摘要

一种微机电(MEMS)电流传感装置包括载体部分(306)、设置在所述载体部分(306)上的光学部分(301)、设置在所述载体部分(306)上并与光学路径(402)的第一端成可操作的通信的光源(302a)、以及设置在载体部分(306)上并与光学路径(403)的第二端保持可操作的通信的光检测器(302b),所述光学部分(301)包括光学路径(402,403)和位于光学路径(402,403)中的磁敏感元件(401)。



1. 一种微机电 (MEMS) 电流传感装置, 其包括:

载体部分 (306);

设置在所述载体部分 (306) 上的光学部分 (301), 所述光学部分 (301) 包括所述微机电电流传感装置的光学路径, 其中所述光学路径包括在其中由磁敏感材料形成的磁敏感元件 (401)、以及在所述磁敏感元件 (401) 的两端形成的光波导管 (402、403);

设置在所述载体部分 (306) 上的光源 (302a), 其与所述光学路径的第一端成可操作的通信;

设置在所述载体部分 (306) 上的光检测器 (302b), 其与所述光学路径的第二端成可操作的通信; 以及

信号处理部分 (303), 其为所述光源 (302a) 提供能量, 并与所述光检测器 (302b) 和所述光源 (302a) 成可操作的通信。

2. 根据权利要求 1 所述的装置, 其特征在于, 所述磁敏感元件 (401) 是亚铁磁块、铁磁块、磁敏感晶体或偏振保持光纤。

3. 根据权利要求 1 所述的装置, 其特征在于, 所述光源 (302a) 是超辐射发光二极管、发光二极管或激光二极管。

4. 根据权利要求 1 所述的装置, 其特征在于, 所述信号处理部分 (303) 配置成能够确定相对接近所述磁敏感元件流动的电流流量。

5. 根据权利要求 1 所述的装置, 其特征在于, 还包括:

通信部分 (304), 其与所述信号处理部分成可操作的通信。

6. 根据权利要求 5 所述的装置, 其特征在于, 所述通信部分 (304) 配置成能够传送由所述信号处理部分确定的电流测量结果。

7. 根据权利要求 5 所述的装置, 其特征在于, 还包括:

电磁干扰 (EMI) 隔离屏障 (305), 其配置成可将所述通信部分、所述信号处理部分、所述光源和所述光检测器与电磁干扰 (EMI) 隔离开。

微机电电流传感装置

技术领域

[0001] 本发明大致通常涉及电流传感装置,更具体地说,涉及微机电(MEMS)电流传感装置。

背景技术

[0002] 通常,用于电涌和/或脉冲电流校准的磁场传感装置都局限于基于半导体的利用环形天线、罗果夫斯基(Rogowski)线圈(磁卡)的系统。环形天线检测磁场变化(其导致电压变化),以校准天线端子上的电压。然而,天线和磁卡具有不足,即这些器件对电磁干扰(EMI)非常敏感。此外,罗果夫斯基线圈具有与用于电流测量和磁场测量的带宽相关的不足。

[0003] 此外,这些器件难以整合到涉及飞机、塔或塔状结构中的雷电检测应用中。例如,风力涡轮具有塔状外观和结构,并且包括以规律间隔向上延伸的叶片。还例如,飞机具有翅膀(机翼),其以规律间隔从主要结构(机身)中延伸出来。另外,风力涡轮可能接地,并且对雷电和电磁干扰非常敏感。由于天线、罗果夫斯基线圈和磁卡在涉及电磁干扰的应用中都具有一定的不足,所以可能降低了其在风力涡轮应用中的使用性能。

发明内容

[0004] 一种微机电电流传感装置包括载体部分、设置在载体部分上的光学部分、设置在载体部分上并与光学路径的第一端成可操作的通信的光源以及设置在载体部分上并与光学路径的第二端成可操作的通信的光检测器,光学部分包括光学路径和位于光学路径中的磁敏感元件。

[0005] 从结合附图所描述的本发明的详细说明中将更好地理解本发明的这些目的、优势和特征以及其它目的、优势和特征。

附图说明

[0006] 当参照附图阅读以下详细说明时,将更好地理解本发明的这些以及其它特征、方面和优势,其中在所有附图中相似的标号表示相似的元件,其中:

[0007] 图1显示了根据一个示例性实施例的光学电流传感器装置的示例;

[0008] 图2显示了根据一个示例性实施例的光学电流传感器装置的示例;

[0009] 图3显示了根据一个示例性实施例的MEMS电流传感装置的横截面;

[0010] 图4显示了根据一个示例性实施例的MEMS电流传感装置的顶视图;

[0011] 图5显示了根据一个示例性实施例的MEMS电流传感装置的风力涡轮应用示例。

[0012] 图6显示了根据一个示例性实施例的MEMS电流传感装置的飞机应用示例。附图标记清单 110 电流传感装置;101 偏振器;102 偏振器;103 光纤;104 导线;200 电流传感装置;201 偏振器;202 偏振器;203 磁石榴石/亚铁磁块;301 光学部分;302a/b 光源/光检测器;303 信号处理部分;304 通信部分;305 EMI 隔离屏障;306 载体部分;401 磁敏感元件;

402 光波导管 ;403 光波导管 ;500 风力涡轮 ;501 控制单元 ;502MEMS 电流传感器 ;503 通信通道 ;510 风力涡轮叶片 ;511 前锥体 ;601 飞机控制单元 ;602MEMS 电流传感器 ;603 通信通道 ;610 机翼 ;611 机身 ;

具体实施方式

[0013] 这里公开了详细举例说明的实施例。然而,这里公开的特殊功能细节仅代表描述示例性实施例的目的。然而,示例性实施例可以许多备选形式来体现,并且不应该被理解为只局限于这里陈述的实施例。

[0014] 因此,虽然示例性的实施例能够采用各种变型和备选形式,但杂图中通过示例显示了其实例,并将在这里进行详细描述。然而,应该懂得其并不意图将示例性的实施例局限于所公开的特殊形式,而是相反,示例性的实施例意图涵盖落在示例性实施例的范围内的所有变型、等效物和备选例。

[0015] 应该懂得,虽然词语第一、第二等等在这里可用于描述各种形式或模型,但是这些形式或模型不应受到这些词语的限制。这些词语只用于将一种形式或模型与另一种形式或模型区别开。例如,在不脱离本发明公开的范围内可将第一形式称为第二形式,并且类似地,可将第二模型称为第一模型。如这里所用词语“和 / 或”以及“/”符号包括任何一个或多个相关的所列出的事物和所有组合。

[0016] 除非上下文中明确指出了以外,否则如这里所用单数形式“一”、“一个”和“这个”是要包括复数形式的。还应该懂得词语“包括”、“包含”当在本文中使用时,其指所述特征、整体、步骤、操作、元件和 / 或部件的存在,而不排除存在或增加一个或多个其它特征、整体、步骤、操作、元件、部件和 / 或其群组。因此,这里所使用的术语仅仅是为了描述特殊实施例的目的,并不意图要限制典型实施例。

[0017] 以下将详细地描述本发明公开的示例性实施例。根据示例性的实施例,其公开了一种集成于 MEMS 结构中的电流传感器件。MEMS 器件的电流传感原理基于光学晶体或其它光学介质(例如光纤)中的法拉第效应的基础之上。根据至少一个典型的实施例,MEMS 电流传感器件 / 装置可包括能量源、光源、磁敏感材料、光检测器、信号处理 / 存储单元、和 / 或通信单元,但根据任何特殊的实现形式可单独地省略或整合这些构件的某些构件。相对较小的器件可放置导线附近,以便通过测量由导线中的电流所引起的磁场而记录雷电和 / 或 AC- 脉冲电流事件。在事件之后(或基本上与事件同时)可存储数据,以便传输到远离电流传感器件的系统控制单元中。该器件可装备有位位于 MEMS 结构上的额外特征,例如,加速计、应变测量传感器、和 / 或温度测量器件。为了在若干方面测量磁场,传感器的光学部分可以是多路复用的。

[0018] 电流传感器件的一种应用可以是雷电流和 / 或浪涌电流的检测。雷电流测量系统可能需要宽广频谱、宽广的测量范围,并且可需要隔离或防止电磁干扰(EMI)。光纤电流传感器(FOCS)可满足这些技术要求。FOCS 依赖磁光效应,其中材料的光学特性受到磁场或材料自身磁化的影响。FOCS 相对于电磁干扰是很具抵抗性的,因为由电流造成的磁场可被转换成小尺寸器件中的光学信号。因此,电信号噪声不会被传送给数据采集单元。除了减少的重量之外,FOCS 的其它优势是传感器不会受到过电流的损坏,过电流来源于由于雷击或大电流作用而造成的意外电涌。依赖于所应用的光学材料,如此处所揭示的那样,可实现基

于法拉第效应的不同构造。

[0019] 如图 1 中所示,显示了一种典型的光学电流传感装置 100。装置 100 包括第一偏振器 (polarizer) 101 和第二偏振器 102。第一偏振器 101 定位在光纤 103 的开始部分,并且第二偏振器 102 定位在光纤 103 的终端部分。光纤 103 至少围绕导线 104 缠绕一圈。在存在由导线 104 中的电流 I 引起的磁场的条件下,光的偏振面在光纤中旋转的角度 θ ,其由以下等式 1 给出。等式 1: $\theta = VNI$

[0020] 在等式 1 中, V 表示磁光材料 (例如光纤) 的维尔德常数 (Verdet Constant), N 表示光纤 103 的绕组数量,并且 I 表示流过导线 104 的电流。为了在输出信号中取得高的信噪比 (SNR),可能需要若干匝 (N) 光纤导线 104,并且可使用不同的光学路径和光旋转检测方法减少和 / 或消除外部影响。

[0021] 目前存在具有相对较大的维尔德常数的光纤,但可能需要长的传播路径以获得可测量的效果 (例如,大的 N)。然而,利用光纤作为传感器可在某些应用中是不合实际的,因为将光纤线圈缠绕在导线上并不总是可行的。所有光纤传感器的另一缺点是在某些应用中,导线直径可能不小于 4-5cm。违反这一条件通常导致相对较大的温度敏感性。另外,由于光纤中的弯曲所造成的感应的线性双折射以及由于内应力而造成的内在双折射可能在光纤电流传感器中变得日益显著。

[0022] 然而,典型的实施例并不局限于完全由光纤组成的电流传感器。根据某些典型的实施例,可使用光学透明或半透明的亚铁磁性材料。例如,光学透明的亚铁磁和铁磁晶体材料,其具有大的维尔德常数特征,并因此由于每单位长度增加的旋转角而具有较高的灵敏度。亚铁磁石榴石晶体呈现比那些典型的顺磁性材料和反磁性材料更高数量级的磁光灵敏度。在钇铁石榴石 (YIG) 中,在 1mm 直径和 5mm 长度的熔融生长棒 (flux-grown rods) 中可获得大约 $0.3^\circ/\text{mT}$, 500+MHz 带宽的灵敏度。代用石榴石,例如 Ga:YIG,其呈现大的灵敏度,但时常具有较低的谐振频率,其可能降低带宽。

[0023] 为了更好地理解包括亚铁磁性材料的典型的实施例,以下将给出对一般法拉第效应、亚铁磁性材料中的法拉第效应以及包括亚铁磁性块的典型的电流传感装置的描述。

[0024] 法拉第效应可通常由利用纵向应用的磁场而使介质中出现线偏振光的偏振面的旋转现象组成。对于反磁性材料和顺磁性材料,在磁场方向上移动的线偏振光显示出净旋转 θ ,从而满足下面列出的等式 2。等式 2: $\theta(\lambda, T) = V(\lambda, T) \int H \, dl$

[0025] 在等式 2 中, θ 表示所测量的发光电场的旋转角, λ 表示自由空间的发光波长, T 表示环境温度, V 表示磁光材料的维尔德常数,并且 H 表示沿着传播路径的磁场强度。

[0026] 不同于旋转方向与传播方向直接相关的旋光性,法拉第效应是单向的。旋转最直接与磁场相关联,使得光对其本身的反射旋转加倍,其对于利用光纤线圈作为传感元件的 FOCS 是特别有用的特征。

[0027] 由于针对反磁性材料和顺磁性材料的等式 (等式 2),维尔德常数是针对用作法拉第旋转器的磁性材料的适合性的指示器。穿过电子结构的偏振光的旋光性可理解为圆形的双折射,其由左圆 l - 偏振光分量和右圆 r - 偏振光分量存在不同的折射率来描述。各分量以不同的折射率 n ,并因而以不同的速度穿过样本。

[0028] 如果频率 f 的光穿过以 Larmor 频率 f_L 旋转的电子系统和 / 或光学路径,那么频率相关的折射率由下面列出的等式 3 和 4 给出。等式 3: $n_l = n(f - f_L)$ 等式 4: $n_r = n(f + f_L)$

[0029] 因此,用于维尔德常数等式的结果由下面列出的等式 5 给出。等式 5:

$$V = \frac{e}{2mc} \lambda \frac{dn}{d\lambda}$$

[0030] 维尔德常数与光在介质中的波长和其频散成比例,频散与温度是相关的。在亚铁磁性材料和铁磁性材料中,磁化与磁场场强是非线性相关的。因而,可以不使用维尔德常数。

[0031] 如果同普通光纤相比,亚铁磁性材料,例如钇铁石榴石以及其它稀土铁石榴石(例如,YIG 和 RIG)具有相对较大的法拉第旋转比。这导致了更小的法拉第旋转器,以测量给定的磁场强度,使得轻量磁光换能器成为可能。用于生长这些材料的方法是很好确立的。此外,在引入高维尔德常数材料的情况下,换能器的包装可以更小。

[0032] 由于根源于原子能级的固有磁性,关于亚铁磁性材料和铁磁性材料的一个可能的缺陷是其在理论水平上的复杂性,其不同于完全可应用等式 2 的反磁性材料和顺磁性材料,不会使这些材料适合于法拉第旋转的纯理论预测。

[0033] 关于亚铁磁性材料中的法拉第效应,亚铁磁和铁磁性材料在外部磁场中被磁化,并在除去磁场之后保持磁化状态。他们可呈现自发磁化(即,其在缺乏磁场的情况下拥有净磁矩)。在亚铁磁性材料中,不同的亚晶格上的原子能的磁矩是相反的。然而,相反的磁矩是不等的,因而仍存在净磁化。在铁磁性材料中,所有磁性离子对净磁化具有正面影响。磁力是由于磁偶极矩引起的,磁偶极矩是由电子自旋和其轨道角度动量的组合而引起的。在亚铁磁体和铁磁体中,原子具有部分填充的壳或自旋,其不是上/下成对的,其抵消了偶极矩,并因而能够在不应用外磁场的情况下具有净磁化。

[0034] 电子由于泡利不相容原理(Pauli exclusion principle)而处于相同方向上。然而,其存在冲突现象,并且偶极子附近具有以相反方向对准的倾向。这产生了磁畴,从而存在短范围内的偶极子对准,但长范围内的反对准。这两个磁畴之间的过渡部分被称为磁畴壁或布洛赫壁(Bloch wall)。在足够强的外磁场下,磁畴将重新对准。然而,这还指示在低的应用磁场下,还必须考虑过这些磁畴的存在以及其与加强或变化的磁场的相互作用。材料磁化可变化的快速性受到磁畴壁运动的动力学属性的限制。

[0035] YIG(钇铁石榴石)是一种具有 $Y_3Fe_5O_{12}$ 成分的亚铁磁石榴石晶体。其对于波长长于大约 $1.1 \mu m$ 的光是透明的。在 $1.3 \mu m$ 和 $1.5 \mu m$ 的波长下(在此波长下,易于在远程通信中得到可靠的源和检测器)光学损失相对较低。

[0036] 来自电偶极子跃迁的分散旋转和来自磁偶极子跃迁的非分散部分旋转由于其大的法拉第旋转而以 YIG 著称。来自不同的原子对每单元长度的磁光旋转的贡献可通过下面列出的等式 6 来描述。等式 6:

$$\theta(T) = (A_m + A_e)M_{Fe}^o(T) + (B_m + B_e)M_{Fe}^t(T) + (C_m + C_e)M_R(T)$$

[0037] 下标 m 和 e 表示贡献来自不同共振类型的因素,并且上标 o 和 t 表示来自 YIG 的铁原子的八面形位置和四面形位置。对于较低的频率,由基于亚铁磁性材料的电流传感装置中的电流所引起的磁近场可通过由以下等式 7 所代表的毕奥-萨瓦特定律(Biot-Savart

Law) 进行计算: 等式 7:
$$d\vec{H} = \frac{Id\vec{l} \times \vec{r}}{4\pi r^3}$$

[0038] 在等式 7 中, 矢量 H 指示磁场, I 代表给定导线段中的电流, 矢量 l 代表导线段的长度元素, 并且矢量 r 代表磁敏感元件至磁场点的位移矢量。因此, 亚铁磁性材料可用于检测法拉第效应, 并因而可用于光学电流传感装置。例如, 图 2 显示了根据一个示例性实施例的包括亚铁磁性材料的示例性的光学电流传感器装置 200。

[0039] 该装置 200 包括偏振器 201 和 202。偏振器 201 和 202 可类似于偏振器 101 和 102。例如, 偏振器 201 和 202 可用于有效地将进入装置 200 的光发生偏振, 并测量角度 θ , 其代表离开装置 200 的光的偏振角度上的变化。装置 200 还包括亚铁磁块 203。如上所述, 亚铁磁块 203 例如可包括任何亚铁磁性材料。此外, 亚铁磁块 203 可具有大致矩形的形状。或者, 亚铁磁块 203 可采用大致椭圆形的形状, 容许进入块 203 中的光行进一段距离 l , l 代表块 203 的整个长度。随着光移动距离 l , 其将经历与影响亚铁磁块 203 的磁场相关联的偏振角度上的变化。例如, 上面详细描述磁场效应。

[0040] 装置 200 还包括导线 104。导线 104 可类似于图 1 的导线 104, 并因此可携带由装置 200 测量的电流 I 。电流 I 产生磁场 B (其影响亚铁磁块 203), 从而改变光在亚铁磁块 203 中的偏振角度, 容许装置 200 有效地测量电流 I 。

[0041] 为了测量电流 (例如, 雷电流), 光纤磁场传感器的传感元件 (即块 203) 可放置在相对靠近导线 104 的位置, 以检测磁场密度 B 或由电流所产生或感应的磁场 H , 并最大程度地减小由干扰源引起的的影响。在传感头中, 可将磁光石榴石或块 203 设置在两个偏振器 201 和 202 之间 (见图 2)。至于光源, 可使用超辐射发光二极管 (superluminescent diode) (SLD)、激光二极管或发光二极管, 其将光耦合到为块 203 供给的光波导管 (例如, 光纤) 上。额外的光学器件, 例如透镜或其它器件可用于帮助将离开光波导管的光耦合到亚铁磁块 203 上。类似的光学器件 (例如, 透镜等等) 可用于将离开亚铁磁块 203 的光耦合到另一光波导管上, 以便发送到光传感器上, 例如半导体光接收器、反向偏压二极管, 或其它合适的器件例如光电变换器上。因而, 传感头的输出可以是强度调制的光信号, 其通过另一光波导管而输送至光电 (o/e) 变换器中。

[0042] 以下将参照图 3 和图 4 来描述 MEMS 电流传感装置。MEMS 电流传感装置可基于上述原理进行操作, 并且可包括用于检测法拉第效应的亚铁磁性材料和 / 或铁磁性材料和 / 或其它磁敏感材料, 并因此可用于电流传感应用。

[0043] 转到图 3, 其显示了根据一个示例性实施例的 MEMS 电流传感装置 300 的横截面。装置 300 包括光学部分 301。光学部分 301 可包括光波导管和磁敏感元件, 例如, 光纤和 / 或亚铁磁性材料。装置 300 还包括光源 / 光检测器部分 302a/b。该部分 302a/b 可包括用于发送偏振光, 使其穿过光学部分 301 的独立光源, 以及用于检测离开光学部分 301 的偏振光的法拉第效应的独立的光检测器。

[0044] 装置 300 还包括信号处理 / 能量源部分 303。部分 303 可为部分 302 的光源以及装置 300 的其它部分提供能量。此外, 部分 303 可提供信号处理操作, 例如, 与以上详细描述等式某种程度上相似的操作。操作可包括基于离开光学部分 301 的偏振光的角度差而确定电流值或检测雷击。

[0045] 装置 300 还包括通信单元 304。通信单元 304 可与部分 303 成可操作的通信,并且可发送与装置 300 所检测的电流相关联的信息。例如,电流可流入相对接近装置 300 的位置。电流可通过离开光学部分 301 的光的偏振角度变化来检测,这可通过光强度上的变化进行检测。部分 303 可理解角度差,并确定是否已经发生电流或磁场变化事件(例如雷击)。之后,或基本上同时,通信部分 304 可发送与确定结果相关的信息。

[0046] 装置 300 还包括电磁干扰隔离屏障或电磁干扰减少屏障 305。屏障 305 可用于为装置 300 屏蔽或减少一些电磁干扰。例如,光学部分 301 可相对不受电磁干扰的影响,而部分 303 和 / 或 304 可能需要一定量的电磁干扰减少 / 隔离。屏障 305 可由任何用于减少电磁干扰的合适材料组成。

[0047] 装置 300 还包括载体 306。载体 306 可以是有效地支撑装置 300 的不同部分(例如 301-305)的机械部分或衬底。转到图 4,其显示了根据一个示例性实施例的 MEMS 电流传感装置 300 的顶视图。

[0048] 如图 4 中所示,装置 300 还可包括位于光学部分 301 中或其上面的光波导管 402 和 403。光波导管可提供使光在光源 / 光检测器部分 302a/b 来回移动的路径。装置 300 还包括磁敏感元件 401。磁敏感元件 401 可包括亚铁磁性材料、铁磁性材料或其它合适的材料,并且如果磁场影响磁敏感元件 401 时,可确立穿过磁敏感元件 401 的光偏振角度上的变化。例如,在相对较接近装置 300 的导线中流动的电流可产生磁场,其影响磁敏感元件 401,从而记录光学部分 301 中的光偏振变化。

[0049] 因此,如上所述,示例性实施例提供了基于 MEMS 的电流传感装置。注意,如这里所述的电流传感装置可用于各种对电磁干扰或其它电气干扰形式敏感的应用中。例如,如以上所述,风力涡轮或飞机可能遇到相对大量的电磁干扰。此外,可能需要在风力涡轮或飞机中检测雷击(例如,检测大的电流脉冲)。因此,这里将描述一个包括风力涡轮和飞机的应用示例。这个应用示例只是用于进一步理解示例性实施例的目的,并因而决非对示例性实施例的限制。

[0050] 图 5 显示了根据一个示例性实施例的 MEMS 电流传感装置的示例性风力涡轮应用。如图所示,风力涡轮 500 可包括多个叶片 510。各个叶片可能容易受到闪电或其它电流事件的影响,并因此可为一个或多个风力涡轮叶片 510 装备 MEMS 电流传感装置 502。装置 502 基本上可类似于之前所述的装置 300。

[0051] 通信通道 503 可互连在装置 502 和风力涡轮控制单元 501 之间。通信通道 503 可以是任何能有效地在装置 502 和控制单元 501 之间实现信息通信的通信通道。例如,通信通道 503 可以是光纤通道、电气通信通道或其它合适的通道。控制单元 501 可集成或安装在风力涡轮 500 的前锥体部分 511 上或其里面,并可与装置 502 通信,并且控制风力涡轮 500 的操作。

[0052] 图 6 显示了根据一个示例性实施例的 MEMS 电流传感装置的飞机应用示例。如图所示,飞机 600 可包括多个机翼(翼型)610。各个机翼可能容易受到闪电或其它电流事件的影响,并因此可为一个或多个飞机机翼 610 装备 MEMS 电流传感装置 602。装置 602 基本上可类似于之前所述的装置 300。

[0053] 通信通道 603 可互连在装置 602 和飞机控制单元 601 之间。通信通道 603 可以是任何能有效地在装置 602 和控制单元 601 之间实现信息通信的通信通道。例如,通信通道

603 可以是光纤通道、电气通信通道或其它合适的通道。控制单元 601 可集成或安装在飞机 600 的机身部分 611 上或其里面,并可与装置 602 通信,并且控制飞机 600 的操作。

[0054] 还应注意,根据示例性实施例,对于闪电检测系统处于备用模式并准备好在发生雷击情况时被触发的时间内,穿过光源的电流被调整,使得 o/e- 变换器在限定的设定点输出恒定信号。当发生雷击时,依据雷击电流在正向或逆向方向上的极性而调制输出信号。然而,由于环境温度上的变化和由于光学设备中的其它影响,这个设定点信号并不是恒定的。这种漂移影响系统在设定点的触发性,并且可能超过触发水平或向 o/e- 变换器的极限移动。

[0055] 对于多传感器系统(例如,固定在多个风力涡轮叶片或飞机翼型上的多个传感器),当使用一个公共光源时,各个传感头上的漂移是相同的。因此,通过观察一个通道,可推断出其它传感器的漂移。为了控制漂移并将调整过的设定点保持在最佳水平,将额外的低频率信号输入合并至数据采集系统中。该通道连接在控制电路上,其利用比例-积分-微分(PID)控制器来调整设定点。由于控制电路的采样率小于针对雷电流测量的数据采集率,所以控制器系统不会干扰雷电流测量。

[0056] 如这里所述,示例性实施例提供了利用光学材料的电流传感装置。该装置可集成有电源。该电源可为光源、光检测器、数据处理单元和/或通信单元输送功率。电源可以是蓄电池、光电池(例如由光纤或日光获得补给)和/或机电变压器。光源可以是超辐射发光二极管(SLD)、激光二极管或发光二极管。所发射的光可发生线性偏振。在集成的光导系统中可将光引导至装置的 MEMS 结构上,并引导至磁敏感元件或晶体上。如果偏振状态不能受到光源的控制,那么偏振器可集成于晶体的前面。具有相对较高的维尔德常数为特征的光学晶体结构(例如亚铁磁性或铁磁性晶体),其可在 MEMS 处理期间直接沉积在结构中或放置在结构后面。在晶体之后,第二偏振器(例如,相对入射光成 45°)导致穿过的光相对于磁场发生强度调制(法拉第效应)。光检测器单元可测量这种强度。信号处理单元可测量相对于时间的导数。当该导数超过给定的极限(正的或负的)时,就检测到雷击或电流。

[0057] 在一个雷击的示例中,该信息可被储存起来,并可由通信单元通过光缆链路、无线电传输、电传输等等而发送给控制单元。装置的电子部分可进行电磁干扰隔离。在电流测量应用中,测量例如闪电参数的增强型 MEMS 器件可装备有光源控制环路。这个利用比雷击频率更低频率进行控制的环路,可将输出强度保持在相对较稳定的值。为了校准磁场测量值,在电磁干扰隔离的 MEMS 结构中可采用温度传感器件。

[0058] 在已经描述了本发明的仅仅某些示例性实施例的条件下,明显可看出可以许多方式改变这些实施例。之前本发明的描述使用了这些示例,包括最佳模式,以使本领域中的技术人员实践本发明,包括制造和使用任何装置或系统,并执行任何所含的方法。本发明可取得专利的范围由权利要求限定,并且可包括本领域中的技术人员想到的其它示例。如果这些其它示例具有并非不同于权利要求语言的结构元件,或者如果其包括与权利要求语言无实质差异的等效的结构元件,那么这些其它示例都属于权利要求的范围内。这种改型并不被认为脱离了本发明的精神和范围,并且所有这种改型都意图被包含在以下权利要求所陈述的本发明的范围内。

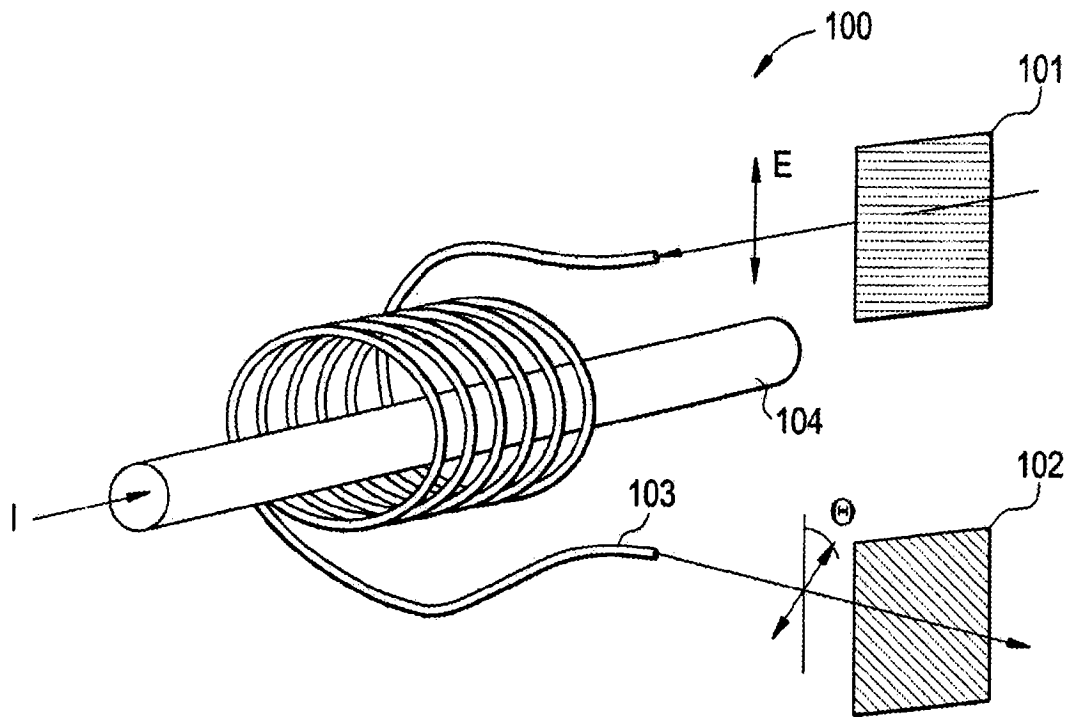


图 1

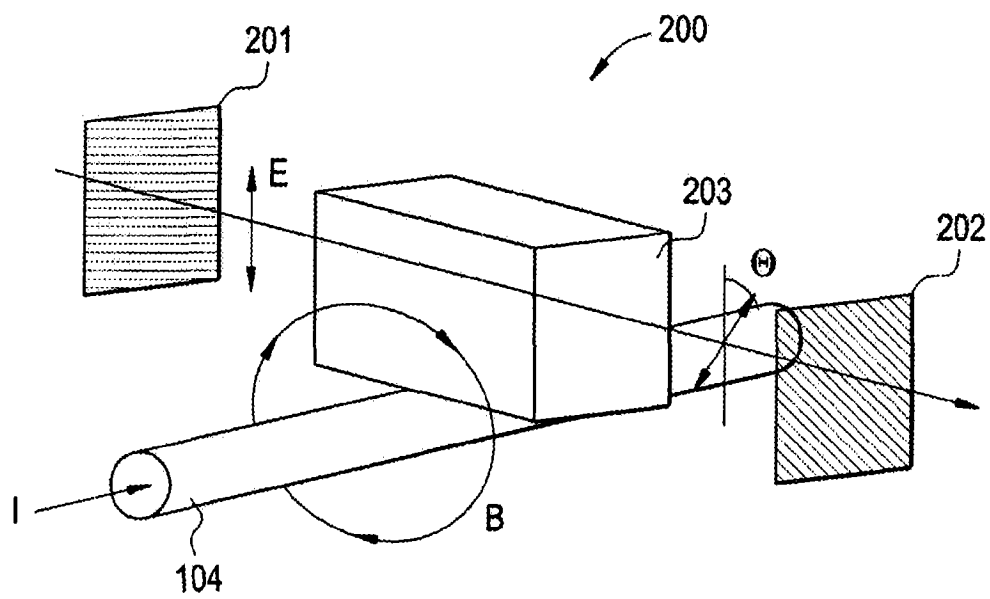


图 2

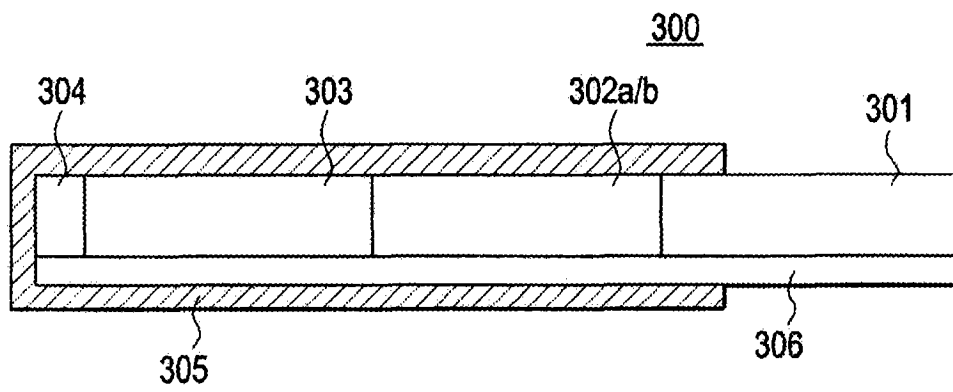


图 3

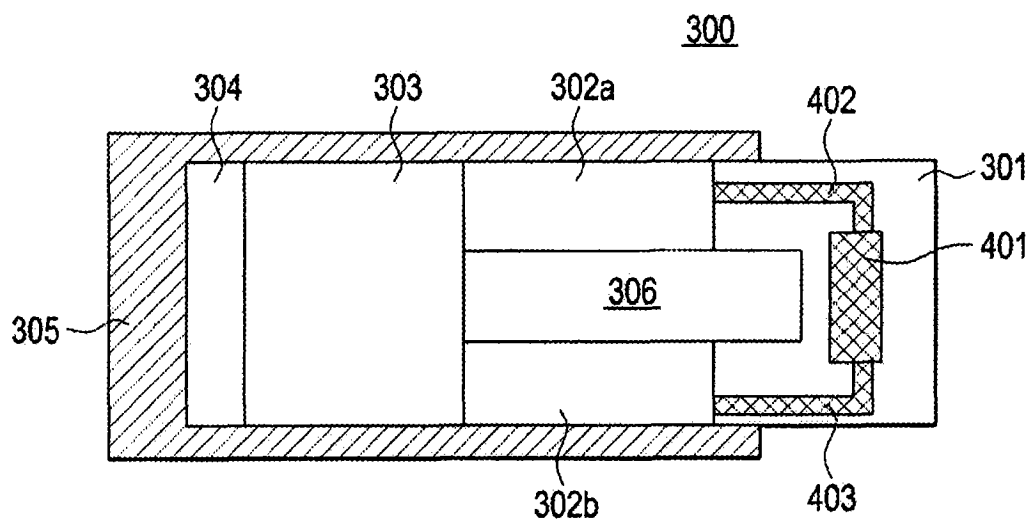


图 4

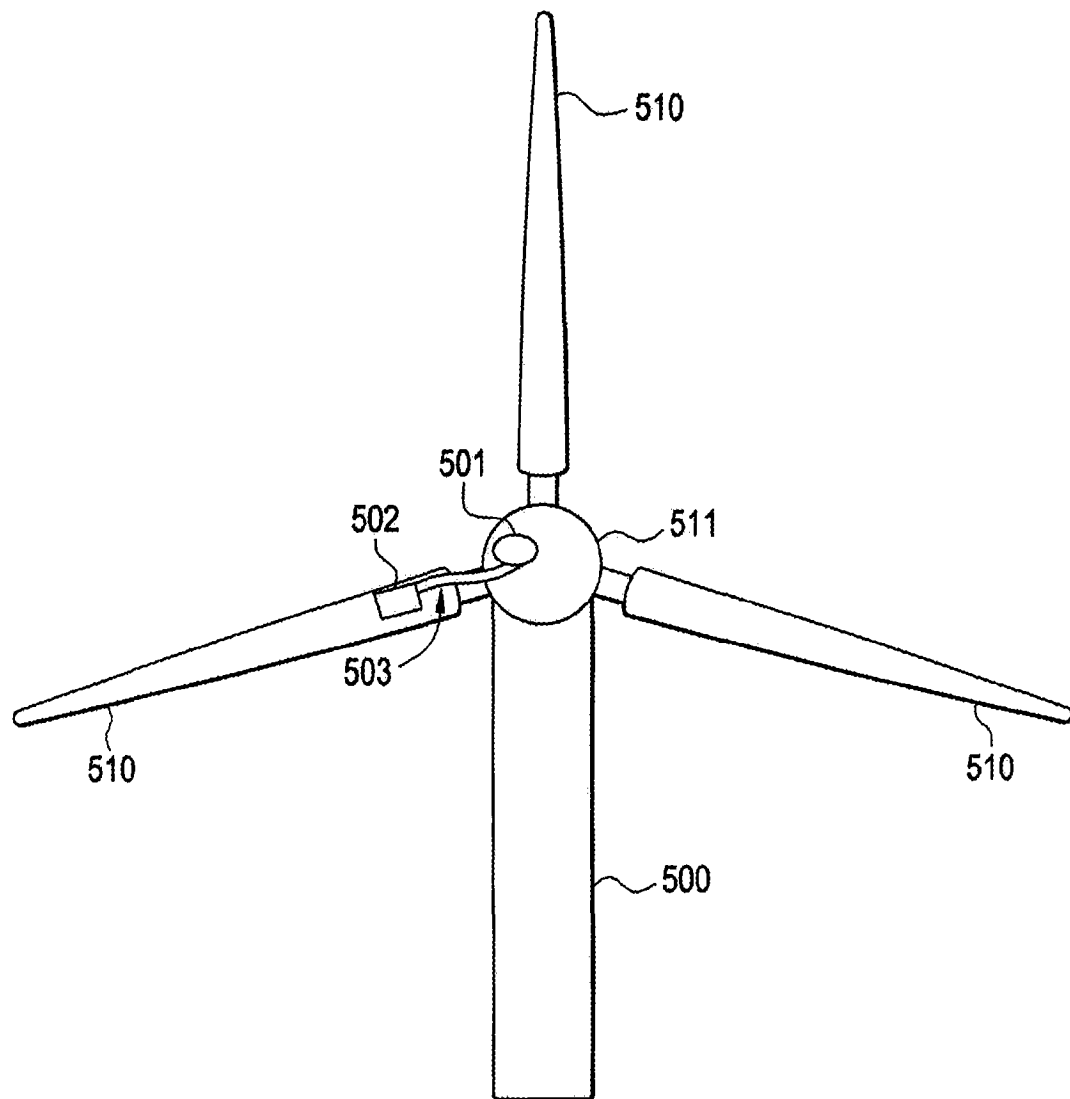


图 5

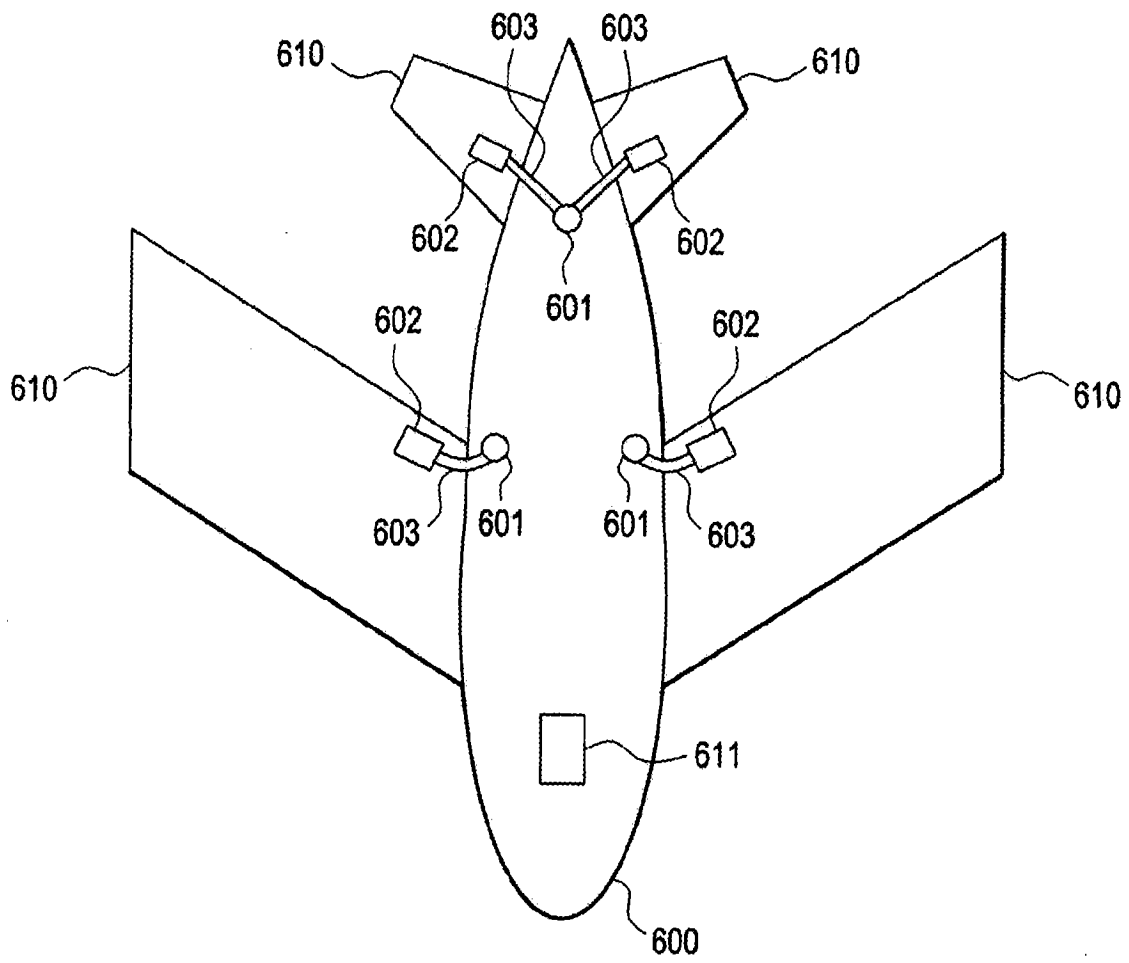


图 6