



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102667415 A

(43) 申请公布日 2012. 09. 12

(21) 申请号 201080048010. 2

(22) 申请日 2010. 09. 30

(30) 优先权数据

12/589, 668 2009. 10. 26 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012. 04. 24

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2010/050921 2010. 09. 30

(87) PCT申请的公布数据

W02011/056329 EN 2011. 05. 12

(71) 申请人 波音公司

地址 美国伊利诺伊州

(72) 发明人 T·A·拉森 M·P·卡尔拉里奥

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

代理人 赵蓉民

(51) Int. Cl.

G01D 5/26 (2006. 01)

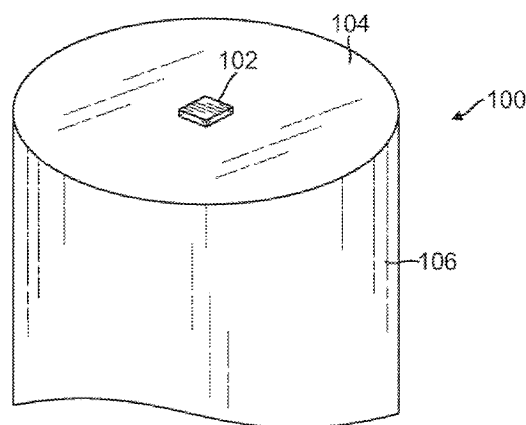
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 4 页

(54) 发明名称

光学传感器问询系统

(57) 摘要

监视交通工具结构的各种情况的装置和方法,其包含:光学传感器,光学传感器包括承载被安装在一端的光子晶体的光纤;问询系统,其包含与远离问询模块定位的一个或更多光学传感器接口的光学信号发生器;和利用问询系统监视交通工具结构完好性的方法。



1. 一种用于收集来自结构中的至少一个光学传感器的信息的光学询问系统,其包括:
与所述至少一个光学传感器通信的光学信号发生器,和用于收集由所述至少一个光学传感器返回的光学信号的光学信号接收装置,
每一个光学传感器均包括光纤缆线和被安装在该光纤缆线上的光子晶体晶片。
2. 根据权利要求1所述的光学询问系统,其中所述光纤缆线具有被抛光的端面,并且所述光子晶体晶片被固定在所述光纤缆线的所述被抛光的端面上。
3. 根据权利要求2所述的光学询问系统,其中所述光子晶体晶片探测一定波长范围的反射光谱的变化。
4. 根据权利要求1所述的光学询问系统,其中进一步包含被设置在所述光学信号发生器和所述光学信号接收装置之间的切换机构,因此能够同时发射或接收两个或更多个光学信号。
5. 根据权利要求4所述的光学询问系统,其中所述切换机构包括波分复用开关。
6. 根据权利要求4所述的光学询问系统,其中所述切换机构包括 MEMS 开关。
7. 根据权利要求1所述的光学询问系统,其中所述光学信号发生器包括激光器。
8. 根据权利要求1所述的光学询问系统,其中所述光学信号发生器包括 LED。
9. 根据权利要求1所述的光学询问系统,其中所述光纤包括侧面散射式光导,以及由所述光纤监视的被携带在所述光纤的末端上的一段光子晶体材料。
10. 根据权利要求1所述的光学询问系统,其中进一步包含与所述光子晶体耦合以便控制晶体的反射特性的电压改变装置。
11. 根据权利要求1所述的光学询问系统,其中所述光学传感器探测压力、温度、化学材料和生物材料中的至少一者。
12. 一种监视交通工具结构的结构完好性的方法,其包括:
产生光学信号,
引导光学信号到远离光学信号发生器定位的光学传感器上,所述光学传感器包含与所述光学信号和环境情况光学上交互的光子晶体晶片,
捕获从所述光学传感器反射的反射光学信号,以及
分析所述反射光学信号以便确定所述环境情况的改变。
13. 根据权利要求12所述的方法,其中进一步包括步骤:当分析的反射光学信号指示出所述交通工具结构的所述环境情况存在不可接受的改变时,向控制装置发送警报信号。
14. 根据权利要求12所述的方法,其中分析所述反射光学信号的步骤包括首先将所述光学信号转变成电信号。
15. 一种光学传感器,其包括:
具有自由端的有限长度的光纤,和
安装在所述光纤的所述自由端的光子晶体。
16. 根据权利要求15所述的光学传感器,其中光纤自由端包含被抛光的表面并且所述晶体被固定到所述被抛光的表面。
17. 根据权利要求15所述的光学传感器,其中所述光子晶体被涂覆有保护所述晶体免受破坏性环境影响的材料。
18. 根据权利要求15所述的光学传感器,其中进一步包含向所述晶体施加一定范围电

压的装置,其中所述电压改变所述晶体的反射特性。

光学传感器问询系统

技术领域

[0001] 本发明通常涉及光纤结构完好性监视器的领域,特别是涉及到光学传感器问询系统,其包含探测被监视的材料或系统的性能改变的一个或更多个基于光子晶体的传感器,光纤问询模块将光学信号转换成电信号用于分析传感器的状态,以及涉及使用问询系统的方法,甚至更特别的是涉及构造上质轻且简易的微型化光学传感器问询系统。

背景技术

[0002] 宇航飞行器和系统通常装备有通过获取、交换和分析数据来监视各种系统的完好性的仪器,并且在传输和处理收集到的数据时这种配置的通讯网络必需足够稳健以便抵抗反复性的和潜在的破坏性力量和情况。

[0003] 近年来,为了监视这种系统的完好性,已倾向于使用光学装置代替电子的或机械的设备。光学问询系统是在化学、生物、温度和压力感测环境中使用的完好性监视系统中的一体/整体元件。由于较轻质量和 EMI 连续性的原因,光学感测技术是航空宇宙应用中非常理想的,但是至今已证实这种传感器系统太昂贵或使用复杂。

[0004] 已经提出和尝试了各种解决方案,包括光纤布拉格光栅 (FBG) 类型的传感器系统、光纤光学路径感测 (fiber optic path sensing)、压电换能器、比较真空监视器、基于应变仪的系统、超声波系统和视觉指示器,但是其中的每一个都存在挑战。

[0005] 目前,在结构完好性监视的许多领域中优选光纤布拉格光栅设备时,这种设备要求对光纤光缆进行细致的改良以便正常运行,同时也需要用于确定波长迁移和其他现象的复杂方法。这种系统也似乎受到温度变化的影响,从而需要额外的器材来补偿。

[0006] 光纤光学路径感测由于其简单性(例如,光纤环)而非常具有吸引力,但是最终的系统会变得相当复杂,因此监视将破损或变化同场需要附加的器材,如时域反射器材。

[0007] 压电设备由于其构造中所用材料的属性而倾向于非常昂贵。这种设备也通常具有其他电基系统的特征(易受 EMI/ 闪电影响),同时每个单个传感器也需要双线接头。进一步地,这种设备对某些频率灵敏,并且会要求大量基线数据测量以便适当地操作。

[0008] 比较真空监视 (CVM) 利用非常精密的压力盒,并且观察意味着裂纹的压力变化;这可以用于产生简单的且负担得起的传感器设计。然而,CVM 可能需要装管和压力系统以便于操作,并且已知 CVM 器材可能需要使用手持式系统以便于应用。

[0009] 应变仪是观察阻抗变化的较早技术。传感器相当简单,在大多数情况下仅是在柔性衬底上的铜痕迹。然而,正确地安装和读取这种传感器可能是困难的,并且也存在类似于上述提及的压电设计的问题。

[0010] 超声波检查是当前正在使用的技术,并且要求现场设备的安装穿过 (run across) 结构和器材以便适当地操作。将这种系统缩小成嵌入型设计的常识将非常可能导致极类似于压电型系统的系统。

[0011] 视觉检查是当时使用的标准感测方法,并且涉及高度针对性的个体检查和尝试以便判断材料的失效性,以及估计结构可持续使用多长时间。

[0012] Haugse 等人在 2004 年 2 月 10 日提出并归属于本发明的受让人的美国专利 No. 6,691,007 描述了监视交通工具的情况并根据监视的情况产生维护计划的系统和方法。本专利公开了传统的光学传感器的使用,如法布里—珀罗干涉仪、长周期光栅和光纤布拉格光栅传感器,其中没有一个足够小到允许最小化或减少问询系统的成本。

[0013] 因此需要轻质、小型化且高效的光学问询装置,以便调查来自一个或更多个光学传感器的数据,以便为了监视和报告交通工具结构和系统的完好性。

发明内容

[0014] 在本发明的一种实施例中,光学传感器包括具有自由端的有限长度的光纤,以及安装在光纤的自由端的光子晶体。光纤自由端包括被抛光的表面,并且晶体被固定到被抛光的表面。光子晶体被涂覆有保护晶体免受破坏性环境影响的材料。通过将一定范围的电压施加到晶体能够改变光学传感器的反射特性。

[0015] 在本发明的另一种实施例中,用于从结构中的至少一个光学传感器收集信息的光学问询系统包括与所述至少一个光学传感器通信的光学信号发生器和收集由所述至少一个光学传感器返回的光学信号的光学信号接收装置,其中每一个光学传感器均包含一根光纤缆线 (fiber optic strand) 和安装在光纤缆线上的光子晶体晶片。光纤缆线具有被抛光的端面,并且光子晶体晶片被固定在光纤缆线的被抛光的端面上。光子晶体晶片探测在一定波长范围的反射光谱的变化。光学问询系统进一步包括被设置在光学信号发生器和光学信号接收装置之间的切换机构,因此可同时发射或接收两个或更多光学信号。切换机构可包括波分复用开关或 MEMS 开关。光学信号发生器可以是激光器或 LED。光纤可采取侧面散射式光导的形式,并且包括由光纤监视的被置于光纤一端上的一段光子晶体材料。光学问询系统可进一步包括耦合光子晶体的电压改变装置,以便调节晶体的反射特性。光学传感器可以探测压力、温度、化学材料或生物材料中的至少一者。

[0016] 在本发明的又一实施例中,监视交通工具的结构完好性的方法包括步骤:产生光学信号;将光纤信号引导到位于远离光学信号发生器的光学传感器处,光学传感器包括与光学信号和环境情况光学上交互的光子晶体晶片;捕获从光学传感器返回的反射光学信号;以及分析所述反射光学信号以便确定环境情况的变化。该方法还包括步骤:当分析的反射光学信号指示出交通工具结构的环境情况存在不可接受的变化时,向控制装置发送警报信号。方法进一步包括在分析该信号前首先将光学信号转换成电信号的步骤。

[0017] 此处公开了装置和使用装置的方法的其他方面。从以下具体实施方式和附图,本领域那些技术人员将会意识到和理解本发明上述讨论的特征以及其他特征和优势。

附图说明

[0018] 图 1 是依照本发明光学传感器的透视图;

[0019] 图 2 是示出依照本发明的光学问询系统的结构的示意图;

[0020] 图 3 是示出依照本发明的故障容许的光学切换系统的示意图;

[0021] 图 4 是依照本发明的光学问询器的方块图;和

[0022] 图 5 是如已经描述的,说明利用光学传感器监视交通工具情况的方法的步骤的方块图。

具体实施方式

[0023] 通过参考附图,现在将在下文中更充分地描述本发明的实施例。然而,可以想到许多不同的实施例,并且本发明不应被理解为是对此处阐明的实施例的限制;更确切地,提供了这些实施例,以便本发明将彻底和完全并且更好地向本领域那些技术人员传达本发明的范畴。

[0024] 在广义上,本发明提出监视交通工具中的情况并且向交通工具中存在的完好性管理系统提供代表这种情况的数据的系统。这种系统包括一个或更多光学传感器,和被定位在交通工具内的光学问询装置。光学问询装置将光学信号转变成电信号,其能够由交通工具集成的完好性管理系统使用以便监视交通工具的系统的状态。

[0025] 本发明进一步提出结构完好性监视系统,其包括一个或更多的光学传感器、光学问询装置以及被定位在传感器和问询装置之间的光学响应底层构造。完好性监视系统能够承受极端的环境,并且能够被应用于化学感测、生物感测以及温度或压力感测。

[0026] 参考图 1,光学传感器 100 包括被安装在单模光纤(single mode optical fiber)106 的端面 104 上且被固定到该端面 104 的光子晶体 102。最简单形式的光子晶体是由单层半导体材料做成的,不过还可以包括被安装在光纤缆线 106 的一端上的多层半导体材料。传感器原理是基于探测光子晶体的反射光谱的变化。单层光子晶体在被监视的波长范围内具有急剧的反射共振。优选地,光子晶体传感器是在硅铸厂中使用标准的制造工艺被制造的,并且将满足在最苛刻的操作环境中操作的尺寸、接口特性和耐用性的要求。根据材料的构造,能够监视各种效应,例如,光纤尖端上的压力。更加复杂的组合,例如将一定范围的电压施加到光子晶体上以改变反射特性,能够通过修改能够光学问询器读取的光反射比,来产生“灵敏”部件以便使用光子晶体或晶片作为低能量通讯设备。另一种可能的实施方式将会是使用光纤作为侧面散射式光导,且具有由单个光纤监视的一系列光子晶体片或一段光子晶体材料。

[0027] 对于使用和制造而言,光子晶体传感器也远不及本发明先前讨论的光纤布拉格光栅传感器复杂。当前,光纤布拉格光栅是通过如下方法制成的,即从现有的单模光纤(从 125 微米玻璃纤维)剥除覆层,将布拉格光栅“写入”光纤,并且然后使用替代材料重新涂覆。通过使用激光和相位掩膜以及其他方法能够实现向光纤中写入光栅。覆层替代、写入过程和光纤成分的选择都会影响最终传感器特性。这是一个要被实现的复杂过程。

[0028] 光纤布拉格传感器能够具有高度的灵敏性,这是有益的,并且它们本身将导致沿单个光纤长度的共线式构造(in-line construction),从而能够同时读取来自 20 个或多个传感器的数据。然而,通过改变反射光在其长度上的波长(代表性地是短波长)来操作这种设备。因为这种设备必须能够读取在非常低的反射光振幅处的波长的极小变化(所有边缘的干涉效应),所以这使得传感器的问询器材中涉及很多的系统复杂性。这可能在复杂构造的制造期间引入大量变量的直接结果。

[0029] 另外,光纤布拉格光栅传感器的操作需要沿其长度的变化(例如,拉伸、弯曲、压迫等)。在某些情形中这是有利的,但是在其他大多数情形中,需要监视单个兴趣点,这可能是不利条件。这也趋向于使得传感器对温度变化(由于光纤部分的弯曲或拉伸)的必然敏感,其中该温度变化是必须被补偿的。

[0030] 相反,光子晶体提供了大量制造能力、重复性和高度受控的感测区域。这些设备也更多地作为纯粹的反射体,并更大程度低返回反射入射光。使用现有的半导体技术来制作晶体栅格。然后,这些设备能以与集成电路环线几乎一样的方式由晶片切割出。对于基础安装,使用现有的电信类型器材来抛光光纤末端,并在其表面粘附栅格晶片。根据预期的应用,这些元件可以是裸露的,或者能够涂覆有保护晶体免受破坏性环境情况影响的材料。光子晶体的使用显著地减少了组成本发明的问询系统的部件的重量和复杂性,因此允许系统的小型化。

[0031] 参考图 2,可以看出本发明的光学问询系统 200 包括多个光学传感器 202、光学开关 204、光缆 206 和光学问询器 208。每一个传感器 202 均包含上述的光子晶体光纤 (FPFC) 结构 100。

[0032] 光学开关 204 可以是小型、轻质且能够承受大范围振动的集成的、全实体设备。可以包括一个或更多个微机电系统开关 (MEMS) 的这种设备在苛刻的环境中是可靠的、是容错的并且是容易维修的。图 2 示出的光学网络将快速可调的半导体激光器与光学无源波长路由器 (如波导路由器) 整合 / 集成。激光能够实现使用高容量、低能耗的光包开关和轻质问询器。

[0033] 光学问询器 208 类似于但取代了常规使用的光纤布拉格光栅传感器系统,该光学问询器 208 将光学信号转变成电信号,该电信号被交通工具完好性管理系统用于监视位于交通工具的远程位置处的系统传感器的状态。

[0034] 图 3 描述依照本发明的又一系统 300,其强调了向交通工具网络提供容错性的一个冗余架构。多个在图 1 显示的这种类型的光学传感器 302 中的每个均通过耦合器 305 与 MEMS 开关 304a 连接。MEMS 开关 304a 提供与备用开关 304b 的连接,以便在光纤光缆或波导光栅路由器失效的情况下,板载光学网络能够以最小的延迟运行。MEMS 开关 304a 是小型的、波长不敏感的且光学透明的,并因此安装和操作简单。进一步地,它们的开关 / 切换时间大约是数十微秒,这是足够快的从而能够恢复得到合适的多余的管理实施方式的大多数功能。系统进一步包括主要问询器 308a 和备用问询器 308b。

[0035] 图 4 是说明组成本发明的光学问询器 208 的部件的方块图。问询器 208 提供在光学传感器和交通工具网络 500 的控制和数据获取系统之间的接口,且其包括光纤接收器 / 发射器 232、信号调节转换器 234、模数转换器 236 和微控制器 238。光纤接收器 232 将光纤的光强度转变成电信号,其被放大并传给滤波电路,该滤波电路调节信号以便输入到模数转换器 236 中。由此,数字信号被发送以便微控制器 238 分析,后者监视信号来确定其是否降到指定阈值以下。如果做出是的判定,则微控制器发送警报信号到交通工具网络 500。

[0036] 图 5 是示出依照本发明的用于监视交通工具的结构完好性的方法的步骤的方块图。在方块 401 中,第一个步骤是产生光学信号,例如,通过激光器或 LED。接着,如方块 402 中示出的,将光学信号引导到交通工具中远程定位的光学传感器。传感器包括光纤光缆,其具有安装在光缆的末端表面的光子晶体,如上述结合图 1 的描述。在方块 403 中,光学信号从传感器反射,并返回并由光学信号接收装置捕获,如方块 404 示出的。在由方块 405 代表的步骤中,光学信号转换成电信号,并且之后能够进行任何的信号调节,例如滤波和 / 或放大信号。在由方块 406 代表的步骤中,测量电信号的感兴趣属性。可能是感兴趣的信号属性包括其振幅、其频率、其波长等。在方块 407 示出的步骤中,电信号的被测量属性与预选

阈值相比较,该阈值可以代表被测量属性的可接受上限值。接着,如方块 408 示出的,方法执行关于电信号属性的值是否超过相应阈值的判定。如果电信号属性的值超过阈值,则产生警报信号(在方块 409)并且方法进入步骤 410,在此根据监视过程安排的需要可以重复方块 401-408 的步骤。另一方面,如果电信号属性的值没有超过阈值,则方法直接进入步骤 410,在此根据监视过程安排来重复步骤 401-408。应该理解,监视过程安排会需要在使用者预定时间间隔处的光学传感器的单独问询、连续问询、在使用者选定时间间隔处的重复几组问询或者问询和时间间隔的任何组合。可以测量和估计电信号的任何可能感兴趣的属性,并将其与相应的阈值比较,其中优选地在被安装在交通工具中之前确定和建立所述相应的阈值。

[0037] 根据本发明的光学问询系统是轻质且小型化的,并且能够承受极端环境。本系统能够应用于化学感测、生物感测以及温度、压力感测。同样,其能够被嵌入到飞行器机身中以及那些需要监视完好性的地方。本发明的传感器问询系统应用于多数苛刻的环境,例如,发动机和承重结构;其封装和电子集成都被设计成能忍受极端的温度、机械振动、腐蚀材料和电磁干扰,且同时维持较小的整体体积和非侵入式操作,以便不会不良地影响被监视系统的操作。

[0038] 本发明的装置将允许增加开关型设备,以便增加问询器硬件的再利用。光纤布拉格光栅传感器系统当前的情况似乎几何排他地只关注于分离器(splitter)和耦合器的使用。由于系统基本上同时连接到每一个设备,所以这种设置能够提供对传感器数据的非常快速的访问,但是其似乎使得问询设备设计复杂化了,因为所有同时发生的反射必须立刻“解码”。光纤布拉格光栅传感器似乎也只能在很窄的光谱带内进行光修改,这要求问询器内具有额外的敏感性。

[0039] 根据尺寸,光子晶体方法允许切换设备在微秒到毫秒的范围内操作。在这种结构完好性监视的情况中,事实上飞行器不需要使其感测网络是活性的,除了每几秒、每几分钟或者甚至每几小时必须查询系统的特定情况。利用这种优势,能够减小问询系统的复杂性、成本和尺寸,同时也增加被引入系统内的冗余性。

[0040] 对于光源,当前,激光器和可调谐激光系统似乎是最好的问询装置。CCD 类型的器材可以用作传感设备;然而,也可以使用处于阵列的滤光传感器。当这种装置准备用于光纤布拉格光栅传感器时,使用基于光子晶体的材料使得系统的设计更容易,并且能使用低品质光源(例如 LED)并且其也可用于这种传感器系统,这是因为将反射更多的光能并且无需担心波长的微小漂移。

[0041] 另外,这种感测方法本身可以导致甚至更低成本的技术方案。例如,事实上,这种方法中可以使用更便宜的塑料光纤缆线、标准光发射二极管作为光源以及更便宜的光传感器。以此方式,同样的感测系统可以适于低成本领域使用,例如面板开关、简易的范围感测(门)和低质量压力类型应用(例如用在汽车中使用的乘客重量感测系统)和其他使用低重量、低成本且甚至免 EMI 系统的应用。在低可靠性需求系统和高可靠性系统之间的这种可扩展性从科研立场看具有吸引力。

[0042] 在本发明已做出参考优选的实施例时,在没有脱离本发明范畴本领域那些技术人员应该理解做出的各种变化和替代其他元素的等价物。

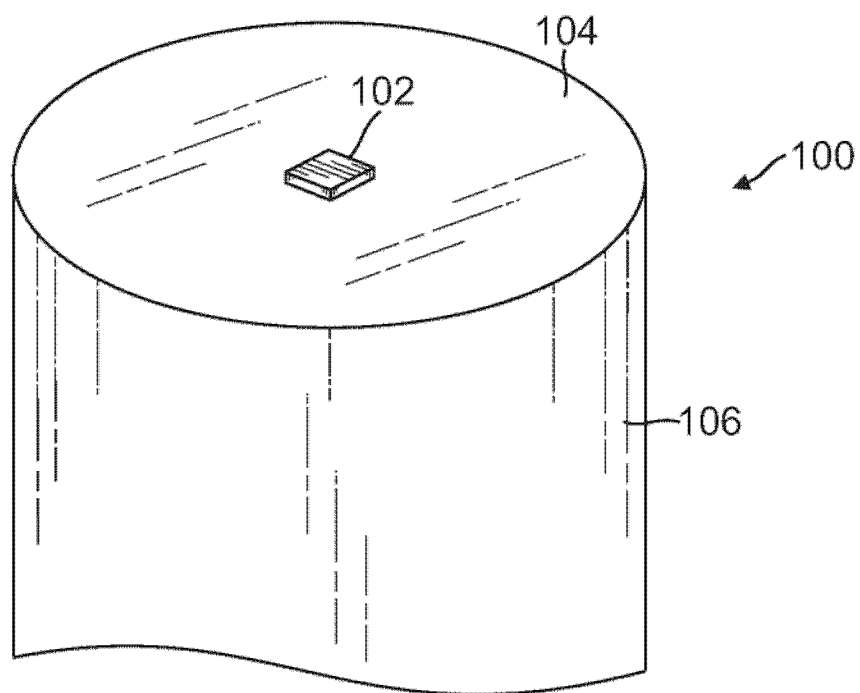


图 1

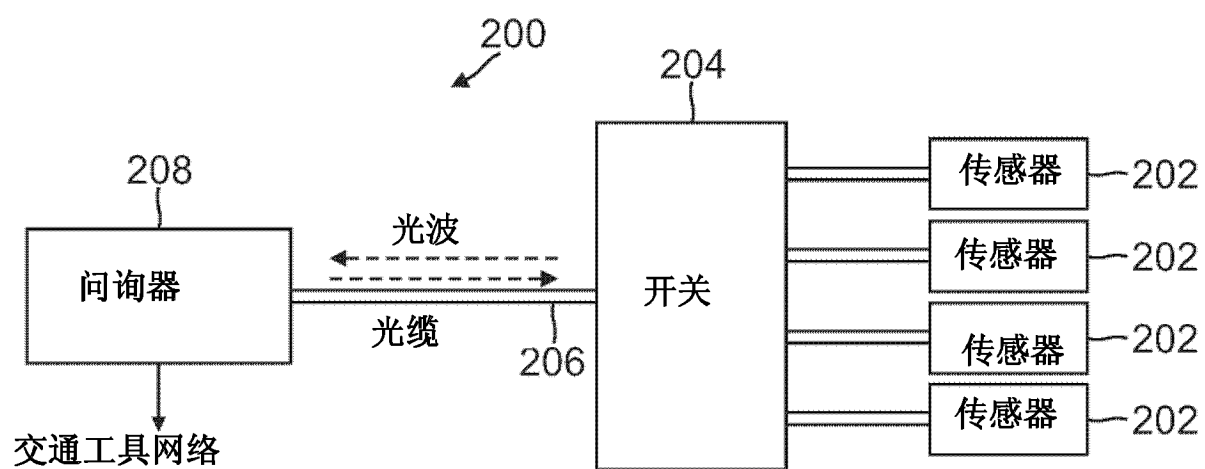


图 2

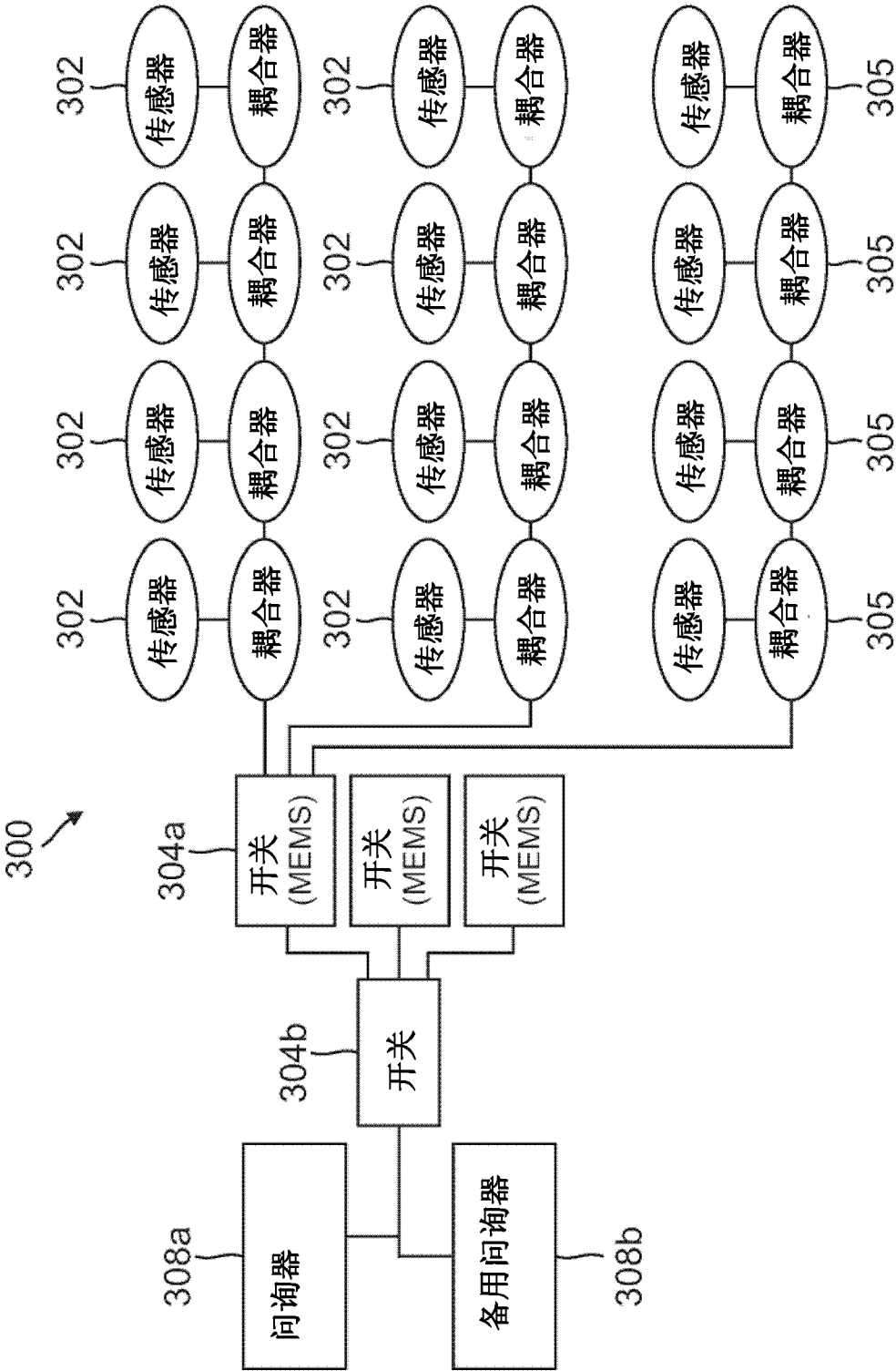


图 3

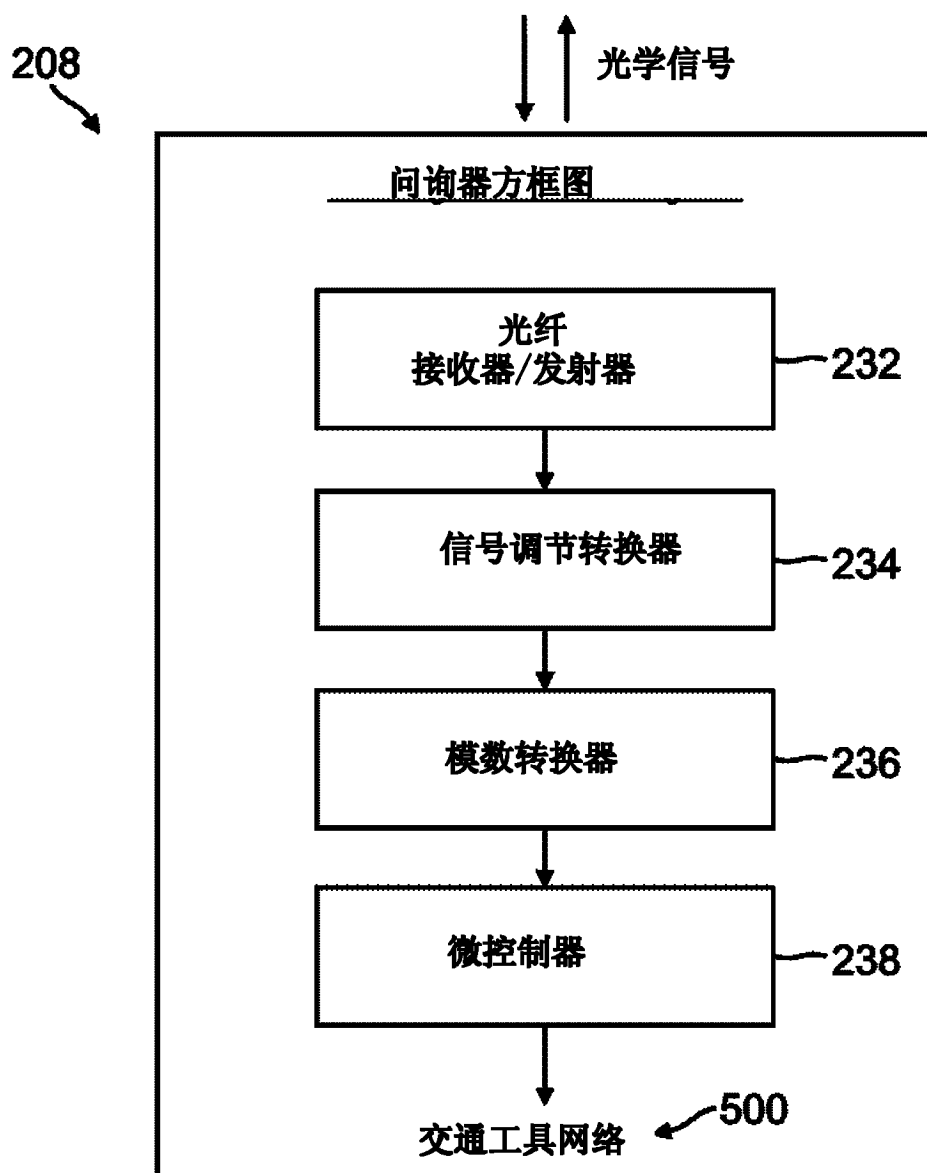


图 4

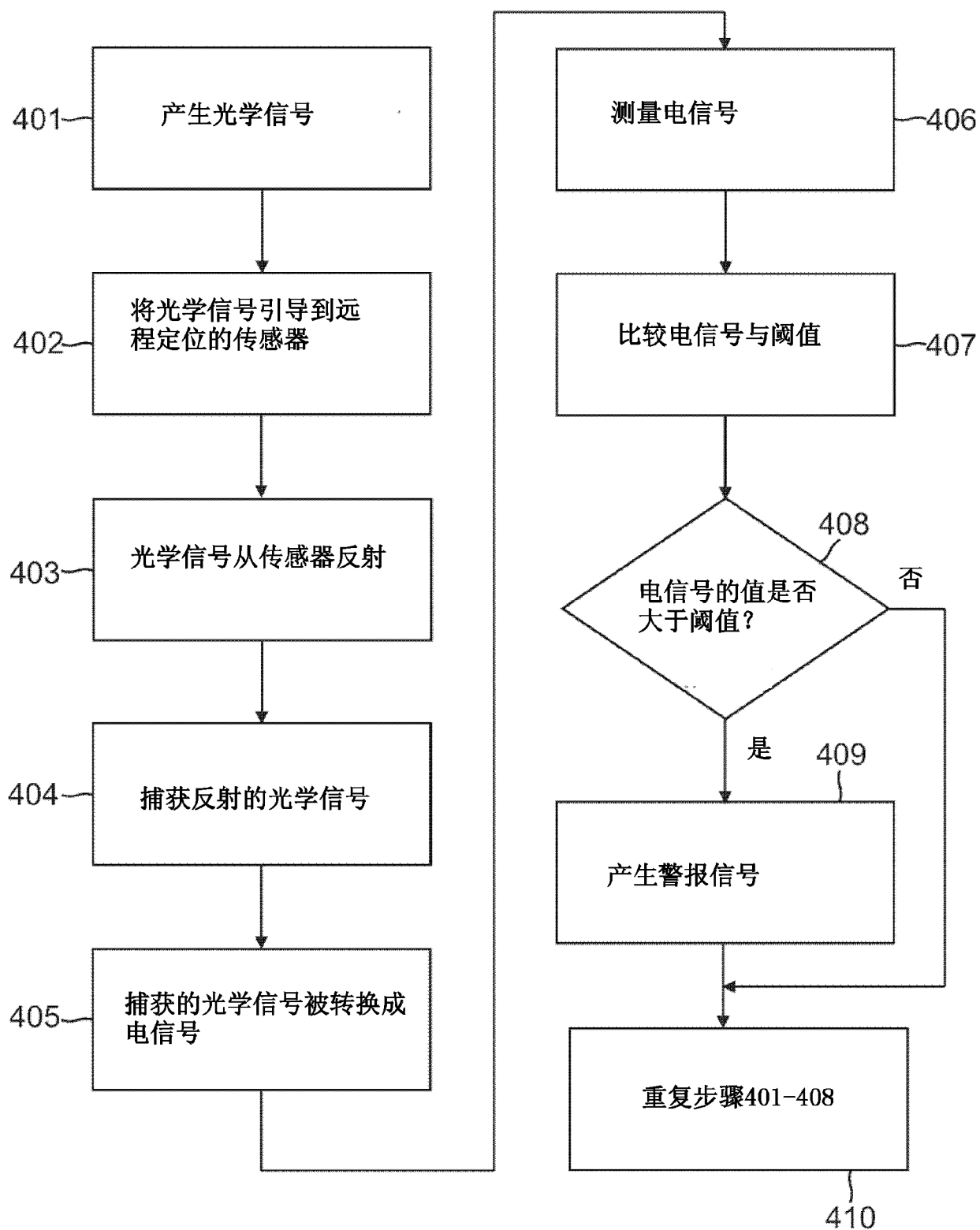


图 5