[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G01R 15/24 (2006.01)
G01R 33/032 (2006.01)
G01R 19/00 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02130596.X

[45] 授权公告日 2006 年 4 月 12 日

[11] 授权公告号 CN 1250974C

[22] 申请日 2002.8.19 [21] 申请号 02130596.X

[30] 优先权

[32] 2001.8.17 [33] DE [31] 10140482.4

[71] 专利权人 西门子公司

地址 联邦德国慕尼黑

[72] 发明人 彼得·克雷默

审查员 宋丽敏

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 侯 宇 陶凤波

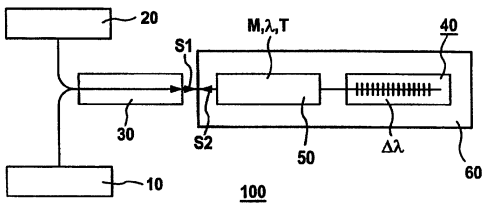
权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 2 页

[54] 发明名称

对光学传感器中的干扰变量进行补偿的方法和装置

[57] 摘要

本发明公开了一种用于对光学传感器（50）中的干扰变量进行补偿的方法和装置。该光传感器至少对被测变量（M）、所馈入的光信号（S1）的波长（λ）和干扰变量（T）敏感。光信号（S1）也通过一补偿元件（40），该补偿元件与光学传感器（50）一起位于共同的干扰变量作用区域（60）中，此区域具有相同的干扰变量（T）作用。在补偿元件（40）中，干扰变量（T）以这样的方式改变光信号（S1）的波长，即，由于所述的改变的波长和由于所述的干扰变量（T）在光学传感器（50）中产生的各部分影响彼此抵销。



1. 一种对光学传感器(50、55)中以环境温度和/或机械振动形式存在的干扰变量（T、V）进行补偿的方法，其中

a) 光信号(S1)在光学传感器(50、55)中作为待测的被测变量(M)、所馈入光信号(S1)的波长(λ)、以及该干扰变量(T、V)的函数而受到影响，

其特征在于:

b) 所述光信号(S1)还被馈入到包括布拉格光栅的补偿元件(40、45)中，该元件与光学传感器(50、55)一起位于共同的干扰变量作用区(60、65)中，该作用区在光学传感器(50、55)和补偿元件(40、45)上具有相等的干扰变量(T、V)作用，以及

c) 在干扰变量(T、V)的影响下经过所述补偿元件(40、45)时，其波长以这样一种方式改变，即，

d) 由改变的波长和由干扰变量(T，V)作用在光传感器(50、55)上的该部分影响彼此至少大部分抵销。

2、一种对光学传感器(50、55)中以环境温度和/或机械振动形式存在的干扰变量（T、V）进行补偿的装置，

a) 其中经过一光信号(S1)的所述光学传感器(50、55)对被测变量(M)、所述光信号(S1)的波长(λ)和该干扰变量(T、V)敏感，

其特征在于:

b) 其中也经过该光信号(S1)的包括布拉格光栅的补偿元件(40、45)与所述光学传感器(50、55)一起位于共同的干扰变量作用区(60、65)中，该作用区对所述光学传感器(50、55)和所述补偿元件(40、45)具有相同的干扰变量(T、V)作用，

c) 该补偿元件(40、45)以这样一种方式构造，即，在光信号(S1)在干扰变量影响下经过该补偿元件(40、45)的过程中导致的波长变化(Δλ)在光信号(S1)后来经过光学传感器(50、55)的过程中导致波长相关部分影响，该波长相关部分影响至少大部分补偿了光学传感器(50、55)中的干扰变量相关部分影响。

3. 根据权利要求 2 所述的装置，其中，所述补偿元件(40、45)包括一支架(43、44)，且所述支架(43、44)的设置也导致了干扰变量(T、V)影响下

波长变化(Δλ)按预定方式发生的情况。

4. 根据权利要求 2 所述的装置，其中，所述补偿元件(40、45)包括一涂层(46)。

对光学传感器中的干扰变量进行补偿的方法和装置

技术领域

本发明涉及一种对光学传感器中的干扰变量进行补偿的方法，其中，光学传感器中的光信号至少作为待测的被测变量、所馈入光信号的波长和干扰变量的函数而受到影响。此外，本发明还涉及到一种对光学传感器中的干扰变量进行补偿的装置，其中经过光信号的光学传感器至少对被测变量、光信号的波长和干扰变量敏感。

背景技术

这样的方法和这样的装置已由例如US 5,764,046或WO 95/10046A1所公开。在这些已公开的方法和装置中，磁场强度或电场强度的测量值借助被构造为法拉第或波克尔斯(Pockels)传感器的光学传感器来测定。依靠适当的传感器布置和求解，用法拉第传感器也能检测电流，并且用波克尔斯传感器能检测电压。法拉第效应和波克尔斯效应都基于作为被测变量的函数而对输入光学传感器的输入光信号的偏振状态进行影响。

在这两种传感器类型中，此测量灵敏度依赖于馈入进各光学传感器的光信号的波长。尤其是，这个波长相关性也被用于调整传感器的灵敏度。

然而，偏振状态的变化不仅由待测的(例如磁场或电场)被测变量引起，而且还由一定的环境条件所引起，如光学传感器的环境温度或机械振动。为了补偿这些不需要的干扰变量的影响，US 5,764,046 和 WO 95/10046A1 描述了一种方法，该方法主要是采用对被接收器所接收的输出光信号进行适当的求解。

在这个补偿方法的情况下，干扰变量的影响只是在信号求解时对比去除。此时，完全可能不能实现输出光信号中被测变量相关分量和干扰变量相关分量的完全分离。结果，在此补偿方法中发生误差，且仅可不精确地确定被测变量。

为了避免分离被测变量和干扰变量的问题(这在对比法中是不可能的),用于波克尔斯传感器的温度补偿方法在1987年《IEEE的电力传输学报(IEEE Transactions on Power delivery)》第PWRD-2卷第1期第87页T. Mitsui等人"光纤电压传感器和磁场传感器的进展(Development of Fiber-Optic Voltage Sensors and Magnetic-Field Sensors)"的文章中进行了说明。在此方法中,干扰温度的影响的补偿是直接在波克尔斯传感器自身中进行的。为了这个目的,波克尔斯传感器采用了特殊的结构,在此结构中用于被测变量检测的波克尔斯效应的温度相关性最大程度地被旋光性的温度相关性互相抵消。这就意味着,发生在所述波克尔斯传感器中的输入光信号的被测变量相关影响在较大程度上不受包括环境温度的干扰变量的影响。因此输出光信号中的被测变量相关分量和干扰变量相关分量的对比分离是不需要的。然而,在该文章中所说明的非常好的补偿方法只能用于特定的应用,也即波克尔斯传感器的给定材料选择和给定几何尺寸。它是特定的解决方案,不能转用于其它的光学传感器。

发明内容

因此,本发明的目的在于提供一种对光学传感器中的干扰变量进行补偿的方法和装置,以便进行最可行的干扰变量补偿,特别是用于不同类型的光学传感器。

为了实现与该方法有关的目的,提供一种对光学传感器中的干扰变量进行补偿的方法,其中,光学传感器中的光信号至少作为待测的被测变量、所馈入光信号的波长和干扰变量的函数而受到影响,其特征在于:

向补偿元件输入光信号,此补偿元件与光学传感器一起位于一共同的干扰变量作用区域中,此区域对光学传感器和补偿元件具有大体相等的干扰变量作用;以及

在干扰变量的影响下通过补偿元件时,其波长以这样的方式改变,即,由于改变的波长和干扰变量而作用在光传感器上的该部分影响彼此至少大部分抵消。

为了达到涉及装置的目的,本发明提供了一种对光学传感器中的干扰变量进行补偿的装置,其中经过光信号的光学传感器至少对被测变量、光信号

的波长和干扰变量敏感，其特征在于：

其中也通过光信号的一补偿元件与该光学传感器一起位于一共同的干扰变量作用区，此区域对光学传感器和补偿元件具有大体相同的干扰变量作用；

该补偿元件以这样一种方式构造，即在光信号在干扰变量的影响下通过补偿元件的过程中波长变化发生，该补偿元件在其波长已经改变的光信号后来通过光学传感器的过程中导致了波长相关部分影响，该部分影响至少大部分补偿了光学传感器中的干扰变量相关部分影响。

本发明基于以下的发现，即许多不同类型的光学传感器在具有所需的被测变量敏感度外，还具有至少相对于一种干扰变量以及相对于馈入的光信号的波长的相关性。在已知的用于采集光学被测变量的方法和装置中，因为波长在输入光信号发生时一旦得以选择，则一般不再变化，所以刚才提及的相关性一般不起任何作用。另一方面，干扰变量影响的行为是不同的，这确实最大地阻碍了光学传感器中被测变量的采集。

于是，已经认识到，光学传感器的波长相关性可以特殊地用于补偿干扰变量相关性。为了此目的，在分立的补偿元件中，故意导致波长的变化。此波长变化精确地为这样一个大小，即光学传感器中因此波长变化建立的该部分影响刚好与由干扰变量引起的输入光信号的该部分影响相互抵销。

如果补偿元件中的波长改变由同样的其影响将在光传感器中得以补偿的干扰变量自动引起，则这是特别有益的。为了此目的，用适当的方式配置补偿元件。例如，这借助针对光传感器相对于波长和待补偿的干扰变量的相关性的先前确定的测量值或先前进行的计算来完成。于是，这对于波长和待确定干扰变量之间的近似相反关系是可能的，这种关系用于光传感器中波长相关部分影响和干扰变量相关部分影响之间的相互补偿。波长或波长变化与干扰变量之间以这种方式确定的关系于是用于补偿元件的特定配置。于是根据这个关系构造该补偿元件。

用此补偿方法，光学传感器中的光信号大部分只是被所记录的被测变量影响。这是指，与求解单元中干扰变量导致的影响仅对比消除的情形相比，得到被测变量的更准确的记录。此外，补偿方法还可用于不同类型的光学传感器。特别是，它不限于特定的材料或特定的传感器几何形状。例如，此方法能用于波克尔斯传感器等或法拉第传感器。在此情况下，法拉第传感器可

构造为透射或反射传感器，并且也可构造成玻璃环或光纤传感器。另外，在其他传感器类型中的使用当然是可以的。

此方法和装置的精髓分别相应于权利要求1和权利要求4而由权利要求书得以体现。

以布拉格(Bragg)光栅的形式设计的补偿元件的实施例是有利的。在入射到这种布拉格光栅中的光信号中，特定的波长或特定的波长部分被反射。哪一个波长或哪一个波长部分被布拉格光栅反射取决于布拉格光栅的周期和光传输介质的折射率。如果在干扰变量的影响下该光栅的周期或该折射率变化了，则反射信号的波长部分中的干扰变量相关变化因此也发生。根据上述说明，这恰好就是补偿元件所需的方法。

提供一些优选实施例，在这些优选实施例中，所要补偿的干扰变量表现为温度形式，例如环境温度，或这表现为影响光学传感器的机械振动的形式。如果补偿元件大体受到与光传感器的同样的干扰变量影响的作用，也就是说例如同样的环境温度或同样的机械振动，则获得光学传感器的非常好的干扰变量补偿。

在一优选变体中，根据波长变化与干扰变量之间的所需的、预先确定的关系，借助支架实现了上述补偿元件的形成。借助支架的特定构造，例如形状，可以达到一种情形，在该情形中，波长在补偿元件中在干扰变量影响下根据所要求的预定方式变化。该所要求的预定方式得自于光传感器的预先确定的干扰变量和波长的相关性。

可选地，或者除了支架外，补偿元件可以有一涂层，该涂层也相对于干扰变量导致所需的波长影响。

附图说明

将通过附图更详细地说明优选实施例。为了图示说明，附图未按比例，且示意性图示了某些特征。详细如下：

图1和图2每一示例均表示了一种装置布置，该布置用于借助补偿元件的干扰变量得以补偿的光学测量值的采集；

图3表示带有支架的一补偿元件，该元件应用于根据图1或图2的装置；以及

图 4 表示带有涂层的一补偿元件，该元件应用于根据图 1 或图 2 的装置。

附图中的附图标记说明如下：

10	光源	20	接收器
30	耦合元件	40、45	补偿元件，布拉格光栅
41	光波导	42	布拉格光栅
43、44	支架	46	涂层
50、55	光学传感器	60、65	干扰变量作用区
100、200	干扰变量得以补偿的光学测量值的采集装置		
S1	输入光信号	S2	输出光信号
M	被测变量	λ	波长
Δλ	波长变化	T	温度
V	振动		

具体实施方式

在图 1 至图 4 中，对应的部件使用相同的附图标记。

图 1 示出了一装置 100，该装置用于采集干扰变量得以补偿的光学测量值。该装置 100 包括一用于采集被测变量 M 的光学传感器 50。为了操作传感器 50，由光源 10 产生的一输入光信号 S1 通过耦合元件 30 馈给传感器 50。该输入光信号 S1 经过传感器 50，并在经过传感器 50 时发生了一与所测变量相关的变化。然而，除了所要求的被测变量灵敏度，传感器 50 相对于干扰变量也具有不需要灵敏度，在本实施例中是相对于环境温度 T。因此，在它通过传感器 50 时，该光信号 S1 不但受被测变量 M 的影响还受温度 T 的影响。

为了补偿传感器 50 中该不要求的干扰变量影响，一补偿元件 40 连接在传感器 50 下游，在该补偿元件中输入的光信号 S1 被反射，以使它再一次通过传感器 50。该补偿效应基于被测变量灵敏度的波长相关性，此灵敏度也存在于传感器 50 中。因而在光学传感器 5 0 中的影响也作为通过光学传感器 50 的光信号的波长 λ 的函数而发生。此波长 λ 通过补偿元件 40 以这样的方法变化，即，光学传感器 50 中的干扰变量相关部分影响和波长变量相关部分影响彼此几乎完全抵消。

因此该补偿元件 40 以这样的方式精确配置，即，它导致取决于环境温度 T 的反射波长大小的变化 Δλ，该变化在本实施例中表现为干扰变量。由补偿元件 40 获得的波长变化 Δλ 足够大，使得上述的光学传感器 50 中两部分影响的补偿效应发生。

补偿元件 40 被设计为一光纤布拉格光栅，在这方面，其波长影响行为与传感器 50 的需要完全匹配。为了实现最大补偿，首先，波长相关影响的测量值和干扰变量相关部分影响的测量值相对于各种应用中的光学传感器 50 得以确定。据此，波长 λ 和干扰变量 T 之间的关系可以得以确定，由此关系可以对干扰变量 T 的每个值推得一种为了实现光传感器 50 中几乎完全的补偿，该波长 λ 变化所必须依据的方式。然后补偿元件 40 按照所确定的关系被精确地构造。

在构造为布拉格光栅的补偿元件 40 的情况下，辐射入的光信号的波长反射发生，这取决于布拉格光栅周期和光传输介质的折射率。借助适当的方法，可以使光纤布拉格光栅中所反射的光学成分的波长 λ 以所需的方式与在此表现为干扰变量的环境温度 T 相关。于是，如果光学传感器 50 和补偿元件 40 都位于共同的干扰变量作用区 60 中，则光学传感器 50 具有非常好的环境温度 T 干扰影响的有益补偿。在共同的干扰变量作用区域（在图 1 的示例性实施例中，该区域被设计成等温区），传感器 50 和补偿元件 40 都受环境温度 T 的相同波动影响。

在补偿元件 40 中，宽频输入光信号的一部分被反射，其波长 λ 或者其主要波长作为环境温度 T 的函数而按预先设置的方式改变。该反射部分再一次通过传感器 50，并且在通过时，因为干扰变量补偿，该部分基本上仍然仅受待测的被测变量 M 影响。作为输出光信号 S2，此光信号带着关于被测变量 M 的信息，离开传感器 50 并通过耦合元件 30 馈入接收器 20。在所述的接收器 20 中进行了被测变量 M 的测量值的求解与计算。所述的补偿方法不局限于特定类型的光学传感器 50。例如，光学传感器 50 被设计为波克尔斯传感器或法拉第传感器也是可以的。同样，应用范围不局限于作为单一待补偿干扰变量的环境温度 T。图 2 表示的另一装置 200 用于测量值的干扰变量已补偿的光学采集，其中，作为干扰变量不再是环境温度 T 而是机械振动 V，该振动由另一种光学传感器 55 检测，该机械振动 V 是必须被补偿的。在图 2 的与布置 100 的情形相似的方式中，光学传感器 55 与补偿元件 45 一起位

于共同的干扰变量作用区域 65 内，该补偿元件仍设计为光纤布拉格光栅。因此，再一次地，传感器 55 和补偿元件 45 同样程度地受干扰变量影响，在此，干扰变量为机械振动 V。同样在布置 200 的情况下，补偿元件 45 实现了依赖于输入光信号 S1 中干扰变量的波长变化。

在装置 100 的情况下和装置 200 的情况下，光源 10 发射具有覆盖整个波长范围的光谱带宽的波谱，在此波长范围内，补偿元件 40 或 45 在干扰变量影响下的波长变化 $\Delta\lambda$ 会发生。根据选用为补偿元件 40 或 45 的光纤布拉格光栅实施例，输入光信号 S1 的被光纤布拉格光栅反射的部分可以具有自均匀光纤布拉格光栅情况下的几百 pm 到线性调频光纤布拉格光栅情况下的几 nm 的波谱宽度。

在输入光信号 S1 所走的光路上，装置 200 不同于装置 100。在光源 10 产生光之后，输入光信号 S1 在此时首次通过光纤耦合器 30 馈入补偿元件 45。在此，波长选择性反射发生，这仍由机械振动 V 决定。以这种方式反射的光信号然后通过耦合元件 30 馈入光学传感器 55。在此示例性实施例中仅通过一次光学传感器 55 后，因被测变量的影响所改变的输出光信号 S2 被馈入到接收器 20。不管在光路导向中有何差别，按与结合装置 100 所述的原理相似的方式，进行装置 200 中干扰变量的补偿。结果是得到同样有利的效果。

对装置 100 和 200 来说，在每一种情况下补偿元件 40 和 45 都是需要的，该补偿元件按预先确定的方式在反射光信号中导致了波长变化，该变化依赖于干扰变量。图 3 和图 4 表示这种补偿元件 40 的示例性实施例，它具有根据所要求的温度相关性而特殊构造的结构。如果需要，所要求的温度相关性的模拟也可以利用线性逐次逼近法一段一段地实施。

在图 3 的例子中，光波导 41 的至少一部分布置在支架中，在该光波导中设置有一光纤布拉格光栅 42。该光学波导 41 被布置在光纤布拉格光栅 42 的区域内，在两个支架部件 43 与 44 之间。该两个支架部件 43 和 44 具有不同的热膨胀。例如，该支架部件 43 由高热膨胀材料制造，及支架部件 44 由低热膨胀的材料制成。通过为支架部件 43 和 44 选择合适的材料和几何形状，因而可以设定光纤布拉格光栅 42 的取决于温度 T 的反射行为。特别是，根据光波导 41 在支架部件 43 与 44 之间的预应力，如图 3 的实施例中所提供的，也可以获得波长变化，该变化负相关于温度变化(= 负波长 - 温度梯度)。

用于在光纤布拉格光栅上施加力的其他支架形状和布置在 DE 199 39

583 A1 中有说明。因此通过利用支架，光波导 41 中所布置的光纤布拉格光栅 42 的自然热膨胀也可以加强，并且也可以构造为具有所要求的温度相关性。与另一中干扰变量相应的相关性，例如机械振动 V，也可以相似的方式实现。

如图 4 所示，具有设置在光波导 41 中的光纤布拉格光栅 42 的补偿元件 40 也可以用涂层 46 来代替支架。此涂层 46 选择的方法是，干扰变量以所需方式获得波长变化 Δλ。

把图 3 和图 4 的实施例结合起来同样可以。因此，也可使用涂层光波导 41 和设置在支架中的光波导。

借助示例，用于磁场或电流感应的光学传感器 50 的补偿元件 40 的构造将在下文中解释。众所周知，这种类型传感器中的被测变量灵敏度由维尔德(Verdet)常数来确定。维尔德常数不仅具有待测变量（此处为磁场）相关性，还具有待补偿干扰变量（此处为温度）相关性，以及馈入光信号 S1 的波长 λ 相关性。

在使用传感器 50 的温度范围中，维尔德常数的温度相关性大致在 0.01%/℃和 0.02%/℃之间变化。在此处涉及的温度范围内，维尔德常数的线性温度相关性假设为在 - 40℃与 + 80℃之间。然后，在 120℃的整个温度范围 ΔT 中，测量的结果于是具有±0.6%与±1.2%之间的温致偏离(temperature-induced deviation)。此不需要的影响将被补偿。

例如，维尔德常数的波长相关性是 - 0.0003% / pm(见 1997 年《光波技术学报(Journal of Lightwave Technology)》第 15 卷第 5 期第 803 页到 807 页 A.H. Rose 等人的“退火光纤电流传感器中的维尔德常数离散”(“Verdet Constant Dispersion in Annealed Optical Fiber Current Sensors”))。为了补偿被检的、在±0.6%与±1.2%之间的温致偏离，补偿元件 40 因此具有取决于温度的、在 33pm/℃与 66pm/℃之间的波长变化。于是，在 120℃的整个温度范围 ΔT 内，导致 4nm 与 8nm 之间的波长变化，此处涉及的示例中使用的光纤布拉格光栅 42 具有约 850nm 的主波长。

在光纤布拉格光栅 42 中，波长变化的自然温度相关性大约是 6.5pm/℃大小，也就是说与需要补偿的 33pm/℃与 66pm/℃之间的值相比过低，由于此原因，温度相关性通过利用合适的涂层 46 来增加。例如，当利用聚合物作为涂层 46 的材料时，此聚合物在 1999 年《SPIE》第 3740 卷第 284 页到

287 页 Y. Liu 等人的“具有聚合物包覆的光纤布拉格光栅的高压力和温度灵敏度(Enhanced pressure and temperature sensitivity of fiber Bragg grating with polymer packaging)”一文中得以说明，在 50pm/℃的值得以获得，且准确地位于此处所需的 33pm/℃与 66pm/℃之间的范围内。因而，利用不同的涂层材料也能得到补偿元件 40 中的其它所需的波长变化，由于所需补偿的温度和其它干扰变量，该补偿元件 40 成为必须。

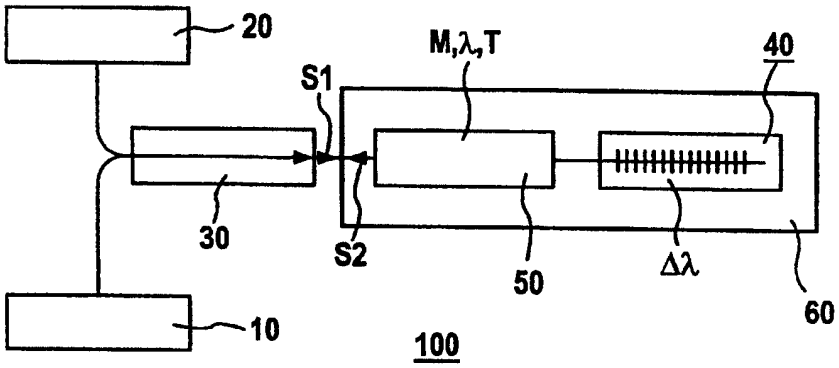


图 1

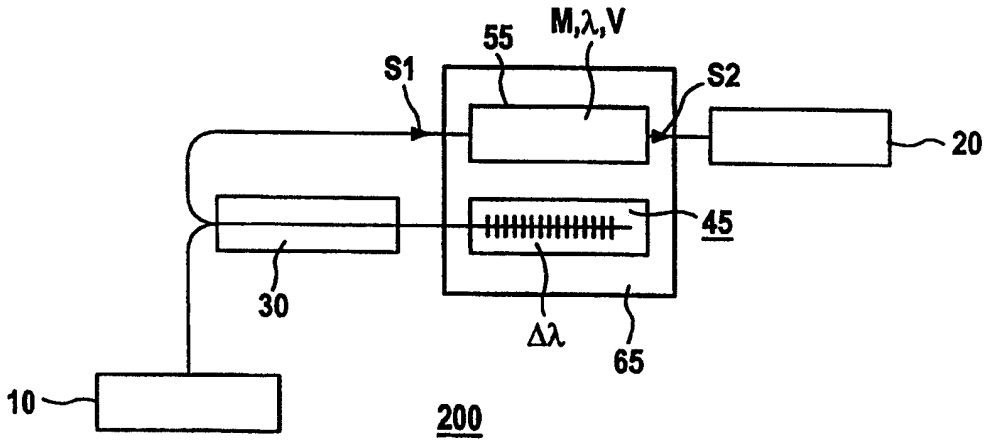


图 2

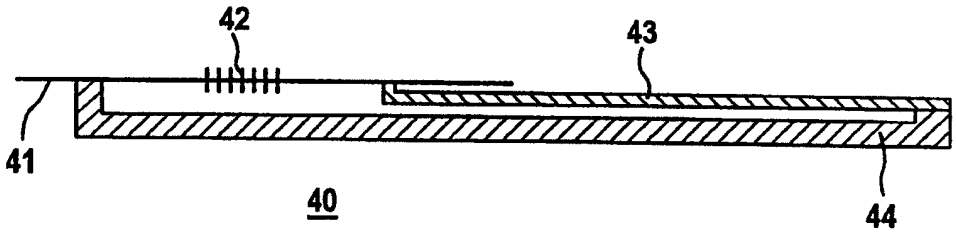


图 3

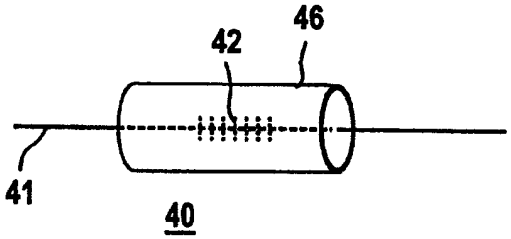


图 4