



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104781638 B

(45)授权公告日 2017. 08. 04

(21)申请号 201380058927.4

(22)申请日 2013.09.19

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 104781638 A

(43)申请公布日 2015.07.15

(30)优先权数据  
102012109640.6 2012.10.10 DE

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2015.05.12

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/EP2013/069449 2013.09.19

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02014/056696 DE 2014.04.17

(73)专利权人 赖茵豪森机械制造公司  
地址 德国雷根斯堡

(72)发明人 A·欣茨 F·米克施

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专  
利商标事务所 11038

代理人 闫娜

(51)Int.Cl.  
G01D 5/353(2006.01)  
H01F 27/40(2006.01)

(56)对比文件  
CN 101949745 A,2011.01.19,  
CN 201892586 U,2011.07.06,  
CN 102589747 A,2012.07.18,  
GB 2427910 A,2007.01.10,  
EP 1947418 B1,2009.05.13,  
US 2002027944 A1,2002.03.07,  
刘军.“变压器内部温度光纤传感监测及绕  
组热点温度计算改进方法”.《中国优秀硕士学位  
论文全文数据库 信息科技辑》.2009,(第12期),

审查员 刘文婷

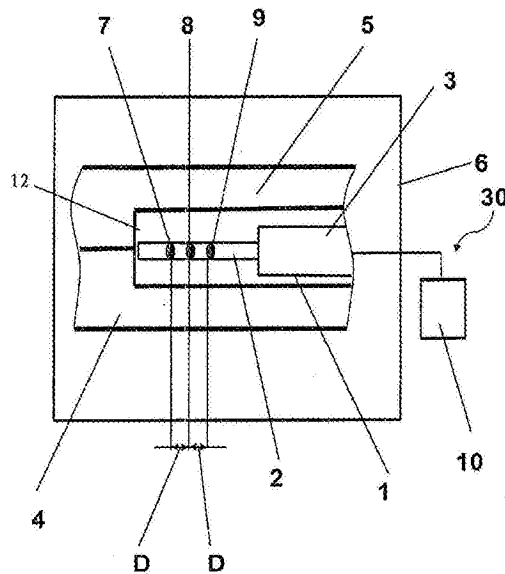
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

用于监测高压变压器的物理特征参数的方法

(57)摘要

本发明涉及一种包括用于监测物理特征参数的传感器系统(30)的高压变压器(6)。尤其是,该传感器系统具有至少一个传感器(1),所述传感器包括具有传感器头(2)的玻璃纤维(3)。所述传感器头载有多个布拉格光栅(7、8、9)。该传感器系统配有评估单元(10),该评估单元通过所述玻璃纤维与所述至少一个传感器头连接。本发明的基本构思在于,该传感器系统的传感器借助间隔垫片设置在所述高压变压器的两个相继的绕组(4、5)之间。另外应借助在所述传感器头中的多个布拉格光栅确保至少一个所述布拉格光栅得到实际的物理特征参数、如温度或压紧力(A)。



1. 一种用于借助传感器系统 (30) 监测高压变压器 (6) 的物理特征参数的方法, 该方法包括下述步骤:

— 向与至少一个传感器 (1) 的传感器头 (2) 连接的玻璃纤维 (3) 中射入具有预设的波长光谱的光;

— 在各个传感器头 (2) 内的布拉格光栅 (7、8、9) 中以每个布拉格光栅 (7、8、9) 的相应特征布拉格波长 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 反射射入玻璃纤维 (3) 中的光;

— 确定在各个传感器头 (2) 中的每个布拉格光栅 (7、8、9) 的波长光谱的位移并且为每个布拉格光栅分别分配一个测量值 ( $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$ );

— 相互比较各测量值 ( $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$ ) 并且得到最大测量值 ( $M_{\max}$ );

— 由所述最大测量值 ( $M_{\max}$ ) 导出所述高压变压器 (6) 的两个相继的绕组 (4、5) 的温度 (T), 其中, 所述两个相继的绕组 (4、5) 的温度基本上对应于由所述最大测量值 ( $M_{\max}$ ) 导出的温度;

— 借助所述最大测量值 ( $M_{\max}$ ) 确定相应布拉格光栅 (7、8、9) 的布拉格波长 $\lambda_{\max}$ ;

— 将具有所述最大测量值 ( $M_{\max}$ ) 的布拉格光栅 (7、8、9) 的该布拉格波长 $\lambda_{\max}$ 与未受机械负荷的布拉格波长 $\lambda_{\text{未受负荷}}$ 进行比较, 其中, 所述未受机械负荷的布拉格波长 $\lambda_{\text{未受负荷}}$ 用作标准值; 并且

— 借助该布拉格波长 $\lambda_{\max}$ 与未受机械负荷的布拉格波长 $\lambda_{\text{未受负荷}}$ 之间的差异导出压紧力 (K)。

2. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 所述传感器系统 (30) 包括四个传感器 (1), 所述四个传感器分别通过自身的玻璃纤维 (3) 与评估单元 (10) 连接, 所述四个传感器 (1) 在四个不同位置上设置在所述高压变压器 (6) 中的两个相继的绕组之间, 并且每个传感器头 (2) 包括具有第一特征布拉格波长 $\lambda_1$ 的第一布拉格光栅 (7)、具有第二特征布拉格波长 $\lambda_2$ 的第二布拉格光栅 (8) 和具有第三特征布拉格波长 $\lambda_3$ 的第三布拉格光栅 (9)。

3. 根据权利要求1或2所述的方法, 其中, 由评估单元 (10) 向所述玻璃纤维 (3) 馈入光。

## 用于监测高压变压器的物理特征参数的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种包括用于监测物理特征参数的传感器系统的高压变压器。尤其是,该传感器系统具有至少一个传感器,所述传感器包括具有传感器头的玻璃纤维。所述传感器头载有多个布拉格光栅。该传感器系统配有评估单元,该评估单元通过所述玻璃纤维与所述至少一个传感器头连接。

[0002] 本发明还涉及一种用于监测高压变压器的物理特征参数的方法。

[0003] 本发明还涉及一种用于监测高压变压器的物理特征参数的传感器系统。

### 背景技术

[0004] 此外,由Helmig,C;Peier,D的出版物:用于测量电网中的重要运行特征参数的替代技术(Alternative Technologien zur Messung wichtiger **Betriebskenngrößen** in Energienetzen) (电子学(Elektrie),柏林53(1999)A,特别版9/99,第342页以后)已知,将光纤布拉格光栅用于温度测量。在此以光纤布拉格光栅表示在单模光导纤维的芯结构中的周期性布置的折射率不同的层的区域。该区域在制造时通过以波长足够短的UV光经由曝光蒙片来曝光纤维形成。由掺杂 $\text{GeO}_2$ 的石英玻璃制成的纤芯的光敏性允许光学介质的有效折射率 $n_{\text{eff}}$ 在严格周期性布置的、以距离 $\lambda_{\text{BG}}$ 间隔开的曝光点上变化。这详细描述在Bludau,W的出版物:传感技术和光通信技术中的光导纤维(Lichtwellenleiter in Sensorik und optischer Nachrichtentechnik) (Springer出版社,柏林、海德堡、纽约(VDI-Buch),1998)中。通过改变玻璃纤维的芯结构影响在纤芯中的光传播。入射的、宽带的光谱由于所产生的有效折射率的调制而在光纤布拉格光栅上经受散射。对于在单模光导纤维中被引导的光的特定波长而言,被反射的光源再次同相并且叠加。因此光纤布拉格光栅的作用类似于选择波长的反射镜。

[0005] 因此,光纤布拉格光栅由于其特征几何形状而具有波长选择特性。仅相应的布拉格波长被窄带地反射。由于此特性相对于外部影响参数(如温度或光栅的膨胀)敏感,因此光纤布拉格光栅可用于传感应用、尤其是也用于温度检测。信号评估在此局限为非常精确的、纳米范围内的波长探测。布拉格反射波长在此直接与玻璃纤维的温度并因此与玻璃纤维周围环境中的温度、如电气设备中的温度有关。

[0006] 也已经提出,在一个玻璃纤维中设置多个彼此独立作用的光纤布拉格光栅。这之所以可行是因为基于布拉格反射波长在温度变化时在所关注的测量范围内的小位移而可以在使用宽带光源的情况下辨别不同的布拉格光栅。因此布拉格光栅可在不同的位置上被写入玻璃纤维中并且因此安置于电气设备中的不同位置上。各个布拉格光栅在此分别具有不同的特定的布拉格反射波长 $\lambda_{\text{BG}}$ ,由此确保将得出的温度与电气设备中的相应测量点按规定关联。

[0007] 可通过借助市售的光谱分析仪(如厂商惠普的HP 71450B、7125B、71452B和86140A型号或“Burleigh”的“WA”系列的一个仪器)在温度变化时探测相应存在的波长来按照测量技术检测反射波长与玻璃纤维温度的线性关系。在光纤温度测量领域中的应用的缺点在于

与波长探测方法和相应仪器有关的、用于测量仪器的高投资成本以及仪器的与此密切有关的超尺寸装备,这对于在此所描述的波长探测是不必要的。

[0008] DE19821616 A1也已经公开一种用于确定温度和光纤的膨胀的装置,该装置包括宽带光源、用于将光源的光耦合入到一个或多个光纤布拉格光栅的光纤中的且用于将反射到光纤布拉格光栅上的光耦合到另一玻璃纤维中的光纤耦合器以及用于评估耦合入到第二玻璃纤维中的光信号的评估装置。在此与第二玻璃纤维连接的评估装置本身包括干涉仪装置,该干涉仪装置包括一个光学输入端、两个用于将光分成两个光路的光分路器、用于产生两个具有不同光程长度的干涉仪臂的器件以及在干涉仪臂之一上的至少一个相位调制器。因此,该干涉仪装置提供两个光学输出端,其在下游的光谱分析仪中作为在那里入射的光束分别经受光谱分解并且随后被引导到两个分开的接收器装置。这种已知的、同样需要专门的光谱分析仪的装置也很昂贵、复杂并且对于在借助布拉格光栅检测温度时的纯波长探测而言实际上尺寸过大。

[0009] 另外,EP 1178295 A1公开了一种用于在借助玻璃纤维检测温度时探测波长的方法和装置。该装置在此包括第一玻璃纤维,其具有一个写入的布拉格光栅。传感器(尤其是具有布拉格光栅的测量点)设置在运行设备上,该运行设备的温度应被确定。另外,该装置包括第二玻璃纤维,在该第二玻璃纤维中也写入一个布拉格光栅。该第二玻璃纤维连接光源与光探测器。两个玻璃纤维通过光耦合器彼此连接。在测量温度时,两个布拉格光栅的特定波长在光耦合器中相互干涉。由于第一布拉格光栅的波长基于温度变化而变化,在共同干涉时一部分波长被反射。未反射的部分通过第二玻璃纤维传递到光探测器上。于是借助反射的部分得到温度变化。

[0010] 由现有技术已知的装置的特别大的缺点在于测量的不准确性。由于传感器仅具有一个测量点并且用于确定高压变压器的绕组温度,所以需要将传感器尽可能准确地固定在一个绕组上。这之所以不容易是因为变压器的铜导线大多包有浸油的纸并被绝缘油包围。传感器的定位在制造变压器时、即在卷绕线圈时进行。在此常常出现传感器滑动并且因此失去与绕组的接触的情况,从而测量的是绝缘油的温度而不是绕组的温度。绕组的实际温度可比周围绝缘油的温度高直至15开尔文。

## 发明内容

[0011] 本发明的任务在于提供一种包括用于监测高压变压器的物理特征参数的传感器系统的高压变压器,该高压变压器结构简单,能够可靠且准确地测量物理特征参数。

[0012] 该任务通过一种包括用于监测物理特征参数的传感器系统的高压变压器来解决,所述传感器系统具有至少一个传感器,所述传感器包括具有传感器头的玻璃纤维,所述传感器头具有多个布拉格光栅,所述传感器系统配有评估单元,该评估单元通过所述玻璃纤维与所述至少一个传感器头连接,其特征在于,所述至少一个传感器与载体机械连接,该载体设置在该高压变压器的两个相继的绕组之间,并且所述至少一个传感器具有桨形形状。

[0013] 本发明的另一任务在于提供一种用于借助传感器系统监测高压变压器的物理特征参数的方法,借助该方法能够简单、可靠且准确地确定物理特征参数的测量值。

[0014] 该任务提供一种用于借助传感器系统监测高压变压器的物理特征参数的方法来解决,该方法包括下述步骤:一向与至少一个传感器的传感器头连接的玻璃纤维中射入具

有预设的波长光谱的光；—在各个传感器头内的布拉格光栅中以每个布拉格光栅的相应特征布拉格波长 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 反射射入玻璃纤维中的光；—确定在各个传感器头中的每个布拉格光栅的波长光谱的位移并且为每个布拉格光栅分别分配一个测量值；—比较各测量值并且得到最大测量值；—由所述最大测量值导出所述高压变压器的两个相继的绕组的温度，其中，所述两个相继的绕组的温度基本上对应于由所述最大测量值导出的温度；—借助所述最大测量值确定相应布拉格光栅的布拉格波长 $\lambda_{\max}$ ；—将具有所述最大测量值的布拉格光栅的该布拉格波长 $\lambda_{\max}$ 与未受机械负荷的布拉格波长 $\lambda_{\text{未受负荷}}$ 进行比较，其中，所述未受机械负荷的布拉格波长 $\lambda_{\text{未受负荷}}$ 用作标准值；并且—借助该布拉格波长 $\lambda_{\max}$ 与未受机械负荷的布拉格波长 $\lambda_{\text{未受负荷}}$ 之间的差异导出压紧力。

[0015] 本发明的附加任务在于提供一种用于监测高压变压器的物理特征参数的传感器系统，借助该传感器系统能够简单、可靠且准确地确定高压变压器的物理特征参数的测量值。

[0016] 该任务通过一种用于监测高压变压器的物理特征参数的传感器系统来解决，所述传感器系统包括四个分别具有传感器头的传感器，所述传感器头载有多个布拉格光栅；评估单元分别通过玻璃纤维与所述四个传感器中的每个传感器连接；并且每个传感器与载体机械连接，每个载体设置在所述高压变压器的不同的相继的绕组之间，并且所述传感器分别具有桨形形状。

[0017] 本发明的基本构思在于，传感器系统的传感器借助间隔垫片设置在高压变压器的相继的绕组之间。另外，应借助在传感器头中的多个布拉格光栅来确保至少一个所述布拉格光栅得到实际的物理特征参数、如温度或压紧力。

[0018] 根据本发明的高压变压器装有用于监测物理特征参数的传感器系统。所述传感器系统具有至少一个传感器，所述传感器包括具有传感器头的玻璃纤维。所述传感器头具有多个布拉格光栅以便确定温度和压紧力。这些布拉格光栅借助公知方法引入玻璃纤维的传感器头中。向玻璃纤维中并因此向传感器头中馈入预设的波长光谱。传感器系统配有评估单元，该评估单元通过玻璃纤维与所述至少一个传感器头连接并且接收及评估由布拉格光栅返回的光。为了准确和可再现的测量，所述至少一个传感器与载体机械地固定连接。该载体与传感器一起设置在高压变压器的两个相继的绕组之间并且被夹紧在所述绕组之间。

[0019] 每个传感器头包括具有第一特征布拉格波长 $\lambda_1$ 的第一布拉格光栅、具有第二特征布拉格波长 $\lambda_2$ 的第二布拉格光栅和具有第三特征布拉格波长 $\lambda_3$ 的第三布拉格光栅。在各个传感器头中，布拉格光栅以规定的距离彼此间隔地设置。优选地，所述距离在大于5mm并且小于100mm的范围中。

[0020] 根据本发明的、用于监测高压变压器的物理特征参数的传感器系统的特征在于，所述传感器系统包括四个分别具有传感器头的传感器。每个传感器头具有多个布拉格光栅。评估单元分别通过玻璃纤维与所述四个传感器中的每个传感器连接。每个传感器与载体机械连接，每个载体设置在高压变压器的不同的相继的绕组之间。

[0021] 根据一种优选实施方式，所述传感器系统包括四个传感器，所述四个传感器分别通过自身的玻璃纤维与评估单元连接。所述四个传感器在四个不同位置上设置在高压变压器中的两个相继的绕组之间。

[0022] 待测量的物理特征参数是高压变压器的两个相继的绕组的温度和/或两个相继的

绕组的压紧力。

[0023] 根据本发明的、用于借助传感器系统监测高压变压器的物理特征参数的方法包括下述步骤：

[0024] 一向与传感器的传感器头连接的玻璃纤维中射入具有规定的波长光谱的光；

[0025] 一确定在所述至少一个传感器的传感器头中的每个布拉格光栅的波长光谱的位移并且为每个布拉格光栅分别分配一个测量值；

[0026] 一比较各测量值并且得到最大测量值；

[0027] 一借助最大测量值导出高压变压器的两个相继的绕组的温度；

[0028] 一借助最大测量值确定相应布拉格光栅的布拉格波长 $\lambda_{\max}$ ；

[0029] 一将该布拉格波长 $\lambda_{\max}$ 与用作标准值的、未受机械负荷的布拉格波长 $\lambda_{\text{未受负荷}}$ 进行比较；并且

[0030] 一借助该布拉格波长 $\lambda_{\max}$ 与未受机械负荷的布拉格波长 $\lambda_{\text{未受负荷}}$ 之间的差导出压紧力(K)。

### 附图说明

[0031] 下面参考附图详细说明本发明及其优点。附图中的尺寸比例并不总是对应于真实的尺寸比例，因为一些形状被简化并且另一些形状为清楚起见相对于其它元件被放大地示出。附图如下：

[0032] 图1为根据本发明的、具有传感器系统的高压变压器的局部图；

[0033] 图2为包括具有四个传感器的传感器系统的本发明的高压变压器；并且

[0034] 图3为用于确定物理特征参数、如温度和/或压紧力的方法流程。

[0035] 本发明的相同或作用相同的元件使用相同的附图标记。另外为清楚起见，仅在各附图中示出说明相应附图所需的附图标记。

### 具体实施方式

[0036] 图1示出根据本发明的、具有传感器系统30的高压变压器6。传感器系统30包括由玻璃纤维3制成的至少一个传感器1。传感器1具有传感器头2和被绝缘体包围的玻璃纤维3。传感器头2和一部分玻璃纤维3安装在载体12上或嵌入载体中。载体12确保传感器1、尤其是传感器头2在定位于高压变压器6的两个相继的绕组4和5之间时不弯折并且因此也与绕组4和5可靠且更好地接触。此外，传感器1的桨形形状确保导线在安装时不弯折。

[0037] 图2示出具有根据本发明的传感器系统30的高压变压器6。该传感器系统30包括四个分别具有一个载体12的传感器1，所述传感器夹紧在绕组4和5之间。所有传感器都经由玻璃纤维3与评估单元10连接。同样，预设的波长光谱被馈入各玻璃纤维3中。波长光谱用于测量高压变压器6的物理特征参数。

[0038] 在图1中的传感器头2包括具有第一特征布拉格波长 $\lambda_1$ 的第一布拉格光栅7、具有第二特征布拉格波长 $\lambda_2$ 的第二布拉格光栅8和具有第三特征布拉格波长 $\lambda_3$ 的第三布拉格光栅9。

[0039] 所述布拉格光栅7、8、9彼此间隔开规定的距离D地设置。有利的是，距离D在本实施例中为20mm。但距离D可在5mm和100mm之间任意变化。

[0040] 在将传感器1安装到高压变压器6中时,该传感器常常滑动并且因此不能测量两个相邻绕组4、5的温度T,而是测量周围的绝缘油的温度。通过将传感器1特别有利地定位于载体12上,传感器头2的三个布拉格光栅7、8、9准确地位于两个相继的绕组4和5之间。因此实现:传感器头2的至少一个布拉格光栅7、8、9贴靠在绕组4、5之一上并且因此测量绕组4或5的实际温度T。

[0041] 在用于确定物理特征参数、如两个相继绕组4、5的温度T的测量方法中,首先通过评估单元10确定在每个布拉格光栅7、8、9中的光谱位移。在此为第一布拉格光栅7分配第一测量值 $M_1$ 、为第二布拉格光栅8分配第二测量值 $M_2$ 并且为第三布拉格光栅9分配第三测量值 $M_3$ 。接着,测量值 $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$ 彼此间在评估单元10中进行比较,以便将最大测量值 $M_{max}$ 、即具有最强位移的光谱的测量值视为正确的。随后,在评估单元中由该最大测量值 $M_{max}$ 导出温度T,该温度对应于绕组4、5的温度。这意味着:在该测量点上温度最高。当有压力、即机械力作用于传感器1时,相应布拉格光栅7、8、9的布拉格波长 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 发生变化。用于确定另一物理特征参数、即绕组4和5彼此间的压紧力K的方法利用这一效果。绕组4、5彼此间压得越紧,则在确定的布拉格光栅7、8、9中的布拉格波长 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 的变化就越大。在此将之前确定的最大测量值 $M_{max}$ 的布拉格波长 $\lambda_{max}$ 与标准值比较,所述标准值对应于在未受负荷状态中的未受负荷的布拉格波长 $\lambda_{未受负荷}$ 。由此确定绕组4、5彼此间的压紧力K。这也在评估单元10中进行。

[0042] 在根据本发明的方法中,向与传感器1的传感器头2连接的玻璃纤维3中射入具有规定的波长光谱的光。为此评估单元10也可以构造用于由其向玻璃纤维3中馈入光。首先,在第一步骤20中,确定在传感器头2的每个布拉格光栅7、8、9中的光谱位移。接着,为每个布拉格光栅7、8、9分配21测量值 $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$ 。在比较步骤22中,测量值 $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$ 彼此间进行比较以便确定最大测量值 $M_{max}$ 。最后,借助最大测量值 $M_{max}$ 由最大测量值 $M_{max}$ 导出23温度T。借助最大测量值 $M_{max}$ 确定24测量点的布拉格光栅的布拉格波长 $\lambda_{max}$ 。在下一比较步骤25中,比较该布拉格波长 $\lambda_{max}$ 与标准值,所述标准值对应于未受负荷的布拉格波长 $\lambda_{未受负荷}$ 。最后,借助布拉格波长 $\lambda_{max}$ 与未受负荷的布拉格波长 $\lambda_{未受负荷}$ 之间的差异导出26压紧力。

[0043] 根据本发明的传感器系统30的主要优点在于,首先最大程度降低了传感器1在张紧高压变压器6的绕组4、5时弯折的危险。由此实现:将传感器头2的三个布拉格光栅7、8、9正确地定位于高压变压器6的两个绕组4、5之间。至少一个布拉格光栅7、8、9正确且准确地检测物理特征参数、即温度T。由此大大有利于安全且可靠地监测高压变压器6以及因此监测供电网。

[0044] 由于能够通过同一传感器1附加地监测绕组4、5彼此间的压紧力K,满足了另一安全角度。高压变压器6的制造商和运营商可检查绕组的紧固程度以及因此检查高压变压器6的内部状态,而不必在此打开高压变压器6。

[0045] 附图标记列表

- [0046] 1 传感器
- [0047] 2 传感器头
- [0048] 3 玻璃纤维
- [0049] 4 绕组
- [0050] 5 绕组
- [0051] 6 高压变压器

[0052]	7	第一布拉格光栅
[0053]	8	第二布拉格光栅
[0054]	9	第三布拉格光栅
[0055]	10	评估单元
[0056]	12	载体
[0057]	20	第一步骤
[0058]	21	分配
[0059]	22	比较步骤
[0060]	23	导出温度
[0061]	24	确定布拉格波长 $\lambda_{\max}$
[0062]	25	下一比较步骤
[0063]	26	导出压紧力
[0064]	30	传感器系统
[0065]	D	距离
[0066]	K	压紧力
[0067]	T	温度



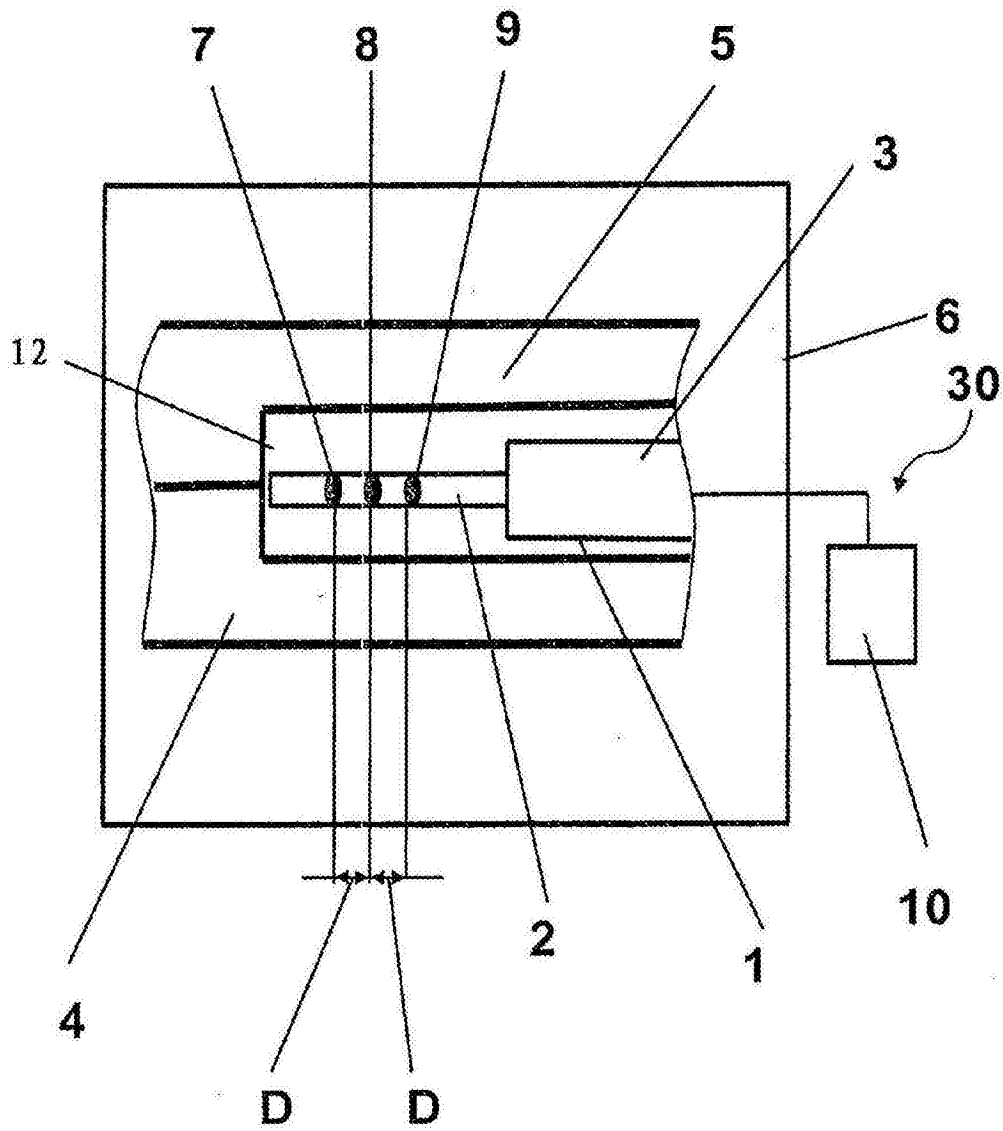


图1

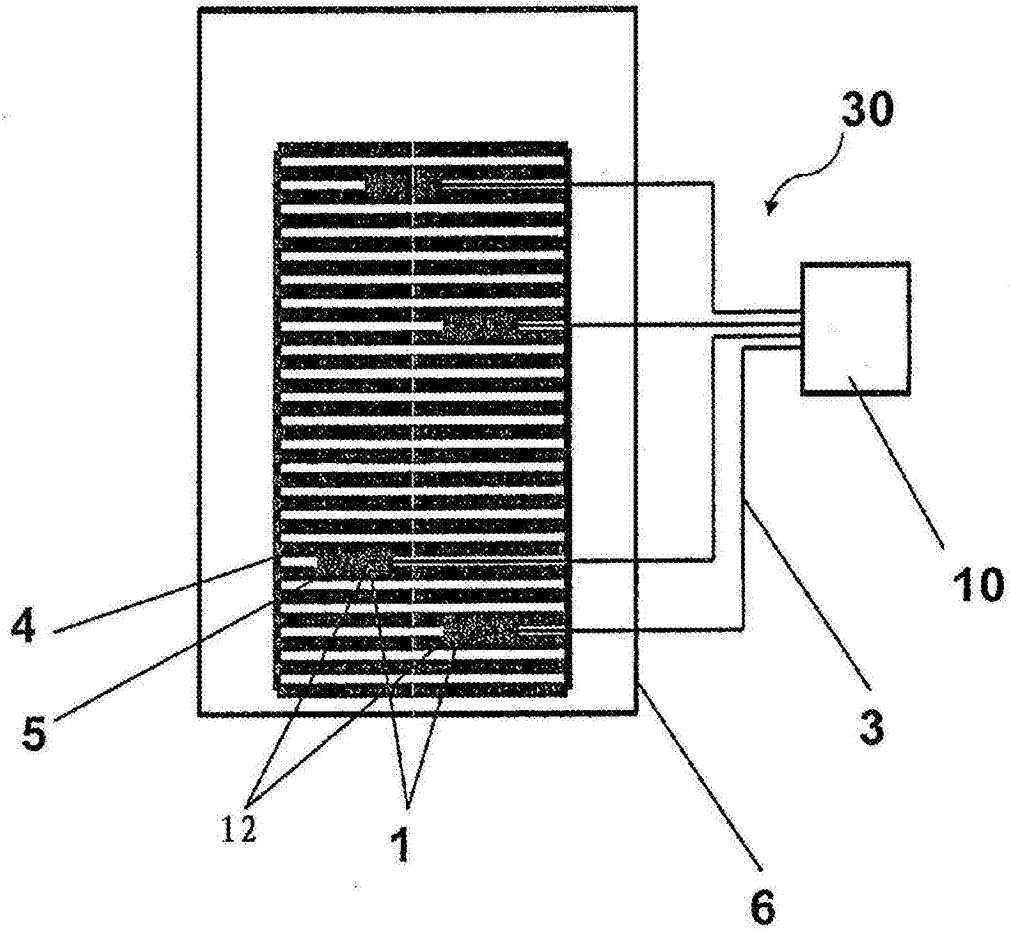


图2

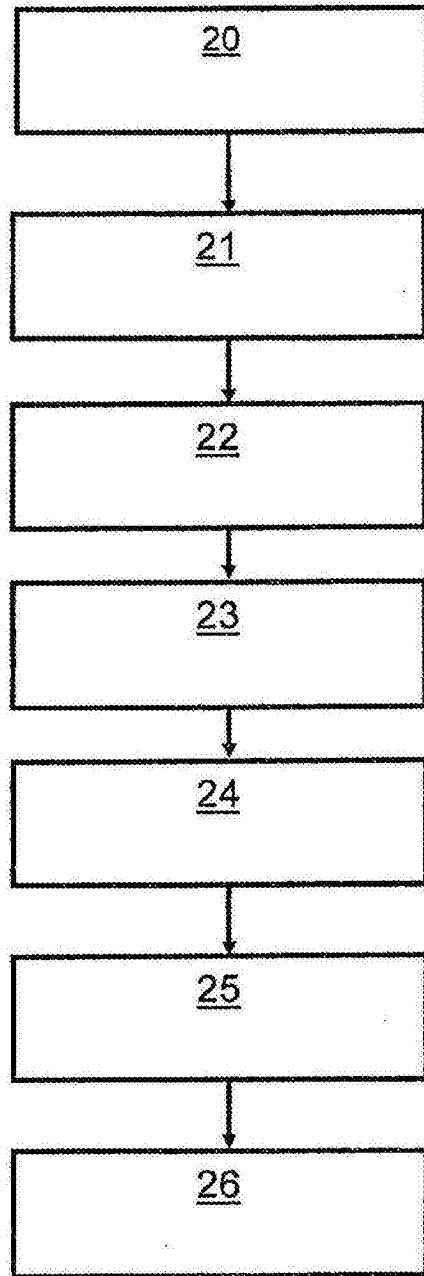


图3