

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G01L 1/24

G01L 11/02 G01L 11/06



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 98807337.4

[45] 授权公告日 2004 年 2 月 18 日

[11] 授权公告号 CN 1138973C

[22] 申请日 1998.7.15 [21] 申请号 98807337.4

[30] 优先权

[32] 1997. 7. 16 [33] US [31] 08/895,268

[86] 国际申请 PCT/CA98/00686 1998.7.15

[87] 国际公布 WO99/04234 英 1999.1.28

[85] 进入国家阶段日期 2000.1.17

[71] 专利权人 加拿大空间代理公司

地址 加拿大魁北克

[72] 发明人 欧内斯特·M·赖默

李·A·达尼斯

审查员 霍成山

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

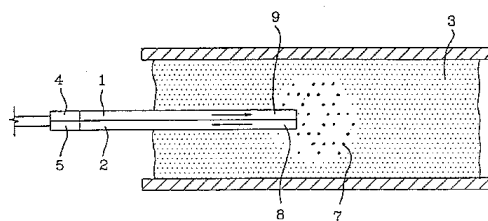
代理人 吴静波

权利要求书 5 页 说明书 19 页 附图 10 页

[54] 发明名称 压力传感器

[57] 摘要

一种压力传感器和有关压力检测方法根据检测一个光学空腔或其它同化球中的多次散射光或其它波传播能而检测压力。空腔内包括一个位于空腔内表面上的光散射表面、或填充该空腔的具有光散射特性的材料，其中任一情况将导致光源周围区域的散射光强度的增加。一个能量源和一个检测器相互足够近地设置，以使检测器测量由空腔变形导致的增大的光度。空腔体积的变化是通过采集的光强度变化而检测的。采用光学纤维工艺组装具有多个传感器的压力敏感垫。该装置也可采用声波作为散射波能源。



ISSN 1008-4274

1、一种压力传感器，它包括：

一个具有一外部边界的波能传输材料的可压缩或可变形的载体介质；和

一个与所述载体介质相连的波能源；其特征在于，它还包括：

波能散射中心，所述波能散射中心散布在所述载体介质中以建立一个形成一同化空腔的散射能量体，同化空腔含有散射波能，其中所述波能充分地漫射；

一个对所述载体介质中的散射波能同化强度作出反应的波能接收器；以及

与波能接收器连接的信号耦合装置，用于将信号从该装置传递给我一个压力指示器；

其中，围绕所述波能源和所述接收器的区域限定了所述充分漫射散射能量体，一旦外部边界移动，所述散射能量体的空间体积根据外部所施加压力的变化而变化，以提供充分漫射散射波能强度的变化，从而产生一个信号以使压力指示器提供所施加压力的一个测量值。

2、根据权利要求1所述的压力传感器，其特征在于：

(1) 可压缩或可变形的载体介质是光传输介质；

(2) 波能源是一个光源；

(3) 散布在所述载体介质中的散射中心是光散射中心；以及

(4) 波能接收器是一个用于检测所述载体介质中散射光的光检测器。

3、根据权利要求2所述的压力传感器，其特征在于，光检测器不接收直接来源于光源的光。

4、根据权利要求1所述的压力传感器，其特征在于，所述波能源发射声波。

5、根据权利要求2所述的压力传感器，其特征在于，它还包括：

一个光检测装置，该光检测装置沿着观测方向对准以采集在所述载体介质中由多次散射所产生的充分漫射和同化光，并产生一个表示漫射和同化光的强度的信号。

6、根据权利要求5所述的压力传感器，其特征在于，同化空腔的体积对沿着观测方向的横向方向上所施加的外部压力作出反应。

7、根据权利要求6所述的压力传感器，其特征在于，发光源在观测方向的外侧。

8、根据权利要求1所述的压力传感器，其特征在于，所述光散射体呈具有一表面的柔性板形式，且照亮区是由这种板的一个表面部分限定的一个空腔。

9、根据权利要求1所述的压力传感器，其特征在于，所述光散射体是一种自支撑半透明的基体，照亮区包括基体内的一个区，其中来自发光源的光被散射。

10、根据权利要求1所述的压力传感器，其特征在于，光检测装置包括一个带有终端观测端的光学纤维，该终端观测端定向成接收所述散射光线。

11、根据权利要求10所述的压力传感器，其特征在于，发光源包括一个光学纤维。

12、根据权利要求11所述的压力传感器，其特征在于，所述光检测装置和发光源两者共用同一根光学纤维。

13、根据权利要求1所述的压力传感器，其特征在于，发光源和光检测装置包括单个发光装置和单个光传感器的一个阵列，以分别提供：

(1) 发光区域的多个局部部分形成为与光散射体有关的照亮部分；
和

(2) 多个表示由反射体的相关照亮部分产生的散射光强度的信号，
以使压力指示器提供对在与阵列相关的多个不连续位置所施加压力的一个测量值。

14、根据权利要求 13 所述的压力传感器，其特征在于，每个所述传感器包括一根光学纤维，所述传感器阵列具有检测撞击在所述装置上的压力模式的分布排列，每个传感器的信号输出排列为一个输出阵列，该输出阵列与所述分布排列相对应，用于再现所述压力模式的光扫描、显示或观测。

15、根据权利要求 13 所述的压力传感器，其特征在于，阵列是平面的。

16、根据权利要求 15 所述的压力传感器，其特征在于，阵列是在第一平面上形成的第一阵列与在第二平面上形成的如权利要求 15 所述的单个发光装置和单个光传感器的第二阵列相结合，其中：

(1) 第一和第二阵列互相相邻放置，其各个平面分别平行或重合；
以及

(2) 每个阵列为其提供所施加压力测量的单个照亮部分互相横向移动，以独立地露出而接受所施加的压力。

17、根据权利要求 15 所述的压力传感器，其特征在于：

(1) 所述波能源包括一个提供发光区的发光源，发光区一般处于水平面内；

(2) 所述发光区接受器包括一个具有一观测区的发光检测器，观测区包括发光区的一部分，其特征在于，它还包括：

一位于水平面上的支撑表面，它支撑着发光源和发光检测器；以及

一弹性平盖板，它具有一光散射下表面，下表面覆盖并至少部分地位于发光区和观测区内；

其中，一旦盖板向下偏移，在观测区内由检测器检测到的发光表面亮度发生变化。

18、根据权利要求 17 所述的压力传感器，其特征在于，平盖板是不透光的，以防止周围光线进入观测区。

19、根据权利要求 17 所述的压力传感器，其特征在于，发光源和发光检测器是相邻的。

20、根据权利要求 17 所述的压力传感器，其特征在于，盖板是由固态弹性材料制成的。

21、根据权利要求 17 所述的压力传感器，其特征在于，盖板包括一半透明、弹性、光散射介质，该介质在体积上是可压缩的，位于检测器观测区和发光区内。

22、根据权利要求 1 所述的压力传感器，其特征在于，一个光电信号处理器与每个所述传感器相结合，以通过一个电子仪表或显示器来显示。

23、根据权利要求 21 所述的压力传感器，其特征在于，所述装置包括所述传感器的一个阵列，该阵列具有用于检测撞击在所述装置上的压力模式的分布排列，并且每个所述传感器的信号输出排列成与所述分布排列相对应的一个输出阵列，用于所述压力模式再现的光扫描、显示或观测。

24、一种用于测量施加到压力传感器上的压力的方法，包括如下步骤，提供一个压力传感器，该压力传感器包括一个具有外部边界的可压缩的波能载体介质，以及一个与载体介质连接的波能源，其特征在于：

提供散布在载体介质中以使所述载体介质内的由一散射能量体限定

的同化空腔中的波能充分漫射的波能散射中心、一个用于接收散射波能同化强度的波能接收器、以及与接收器相连的信号耦合装置；

在围绕波能源和接收器的区域建立一个充分漫射散射能量体，其中，一旦外部边界向内偏移，散射能量体的空间体积减小，以使散射能量体内的散射波能强度增大；

用所述接收器检测所述波能；以及

将表示施加到所述外部边界上的压力的信号从所述接收器传递给一个压力指示器。

25、根据权利要求 24 所述的方法，其特征在于，所述波能包括光。

26、根据权利要求 24 所述的方法，其特征在于，由所述接收器接收的所述散射波能不是直接从所述波能源产生的。

27、根据权利要求 24 所述的方法，其特征在于，所述载体介质限定了一个同化空腔，在该空腔内波能漫射并通过散射而同化，其包括如下步骤，一旦施加外部压力到所述空腔，所述空腔的体积减小，从而产生漫射和同化波能强度的相应增加。

压力传感器

技术领域

本发明涉及压力传感器。具体地说，涉及一种散射装置，其中，散射光的亮度或其它波传播现象随空腔的体积或含有散射波的空间体积变化，以使它能用作所施加压力的测量。

背景技术

本应用延伸到需要检测压力状态存在或变化的所有领域。具体地，包括用于传感器垫和机器手的接触感应阵列。

使用光来检测压力状态是公知的。具体地纤维光缆和光学纤维已经用于检测压力状态。

在 U. S. 4, 845, 357 (Brennan) 中，已经检测到通过光学纤维的弯曲在光学纤维中产生的反向散射光。以反射模式工作的纤维嵌入一结构中。所检测到的信号用于启动安装在结构别处的压电元件。在 U. S. 4, 714, 829 (Hartog 等) 中也可见类似的结构。

在 U. S. 4, 701, 614 (Laeger) 中，光学纤维用于通过调制光学纤维壁的变形对光学纤维内光传输的影响来检测横向施加在其侧部的压力。这同样也可见于 U. S. 4, 915, 473 (Haese)。

在 U. S. 4, 634, 858 (Gerdt) 中，光学纤维耦合器通过光线所穿过介质的折射率的变化来检测应力。

U. S. 5, 425, 273 (Chevalier) 中披露了一种压力传感器，其中，光学纤维端部接在一可变形、弹性透明材料中，该材料中含有光学纤维段形式的包体，光学纤维段的间隔距离在所施加压力的作用下改变以调节

将光线反射回光学纤维的光学系统的焦距。

在由 M. G. Xu 和 J. P. Dakin 等所著、出版在“光学纤维和激光传感器 X (1992)”, 2/SPIE Vol. 1795 中的文章:“一种用于监测高液压的新颖的空心玻璃微球传感器”中描述了一种基于空心玻璃球体变形光学检测的高压传感器。通过光学纤维中的激光离开玻璃球内表面的反射来检测压力作用下球的变形。通过用于检测干涉效果的 Fabray-Perot 干涉仪来分析反射信号以检测偏移。不依靠这里所描述的散射光。

依靠反射光来测量影响反射或反向散射光的外部现象或影响的传感器包括:

(1) U. S. 4, 599, 908 (Sheridan) —通过位于反射光束通路的压缩-封闭孔的收缩来检测压力;

(2) U. S. 4, 155, 065 (Stimler) —利用多普勒 (Doppler) 激光粒子运动检测器来检测穿过液体中的光散射粒子悬浮体的声波;

(3) U. S. 4, 691, 709 (Colien) —导管末端的血压是通过调节压力对设置在光学纤维光导端部前、以反射模式工作的柔性镜的影响来检测的;

(4) U. S. 3, 580, 082 (Strack) —通过检测从偏转隔膜 (deflecting membrane) 反射的光的强度变化来检测压力的, 此隔膜引导光改变光检测纤维;

(5) U. S. 4, 986, 671 (Sun) 依靠以反射模式工作的一个发射/接收光学纤维来检测施加到可变形弹性材料的压力, 该可变形弹性材料作用到光学纤维活动端。在弹性材料表面上形成的反射层向着光学纤维方向的位移影响光学纤维工作的两种模式之间的光学耦合的程度。此变化用作施加在光学纤维端部的力或压力的测量; 以及

(6) U. S. 4, 870, 271 (Philips) —一种基于接收从偏转悬臂式弹簧

反射回来的光的接触式传感器。此弹簧被光学纤维朝着弹簧可能偏转方向所发射的光照亮，并通过一对与发光光学纤维邻近的光学纤维来检测。

Philips、Sun 以及其它人的专利描述的压力检测系统，其中，弹性部件向着光传感器方向的压力-感应偏移是通过发光表面亮度变化来检测的。在这些参考文献中，观测发光表面的传感器朝着偏转的表面和施压源定向。这就限制了组合式压力检测系统的机械结构。尤其是，Philips 和 Sun 没有提供一种用于检测倾斜或横向施加到光传感器观测方向的压力的装置。

此外，这些参考文献中没有一个依靠多次散射波能如存在一体积内的光的同化强度变化，该体积类似于一个“同化空腔”或“同化光学腔”，当此空腔的体积变化时（这里用的“Multiply”是它的副词含义）。

这里所用的同化空腔或体积在某些方面类似于“同化球”。同化球在由 Pittsfield, MA 所著、Laurin Publishing Co. Inc. 出版的光子学字典 1997 的 D-72 页中定义为：

“一种空心球，内部涂有一种白色漫射材料，并具有用于入射光束、样品和检测器的开口，用于测量物体的漫反射率或透射率。”

在这种体积内的光线重复散射到这样一种程度，即在性质上局部几乎是各向同性，也就是，在所有方向测量的时候，其点强度基本上一样。使用这样的球体来测量从光源发射的光的全部量。

压力对在体积上可压缩的并且含有散射光线或波能的可压缩光散射介质或体积的影响还没有在任何公开的装置中利用。存在一种可能来制成一种压力检测装置和系统，该装置和系统能在合理成本的情况下根据对散射光或波能的检测来提供对在局部和特定的表面区域上所施加压力的测量。

发明内容

现有技术设计易于受到对观测压力响应表面的必要性的限制，该表面沿轴向向传感器偏移。由于它们对横向施加的压力不敏感或相对不敏感，从而限制了这种结构的使用。通过提供对横向施加的压力敏感的传感器排列，使构造一个阵列成为可能，该阵列以相当低成本提供相当大面积和最小厚度的压力敏感表面。因此，这是本发明的另一个目的。

首先将对本发明进行总的描述，然后将参照附图详细描述根据具体实施例的实施方式。这些实施例用来说明本发明的原理和实施方式。下面将进一步以最广泛的和更具体的形式描述本发明。

总体地说，本发明的压力传感器包括：

- (1) 一个具有一外部边界的波能传输材料的可压缩或可变形的载体介质；
- (2) 一个与所述载体介质相连的波能源；
- (3) 波能散射中心，波能散射中心散布在所述载体介质中以在波能源周围的区域中建立一个含有充分漫射散射波能的散射能量体；
- (4) 一个对散射能量体中的散射波能同化强度作出反应的波能接收器；以及
- (5) 与波能接收器连接的信号耦合装置，用于将信号从该装置传递给一个压力指示器；

其中，一旦外部边界移动，散射能量体的空间体积根据外部所施加压力的变化而变化，以提供其中散射波能强度的变化，从而产生一个信号以使压力指示器产生所施加压力的一个测量值。

作为最佳变型，波能是光，载体介质是半透明的和漫散射光线，波能源是光源，波能接收器是光传感器。此外，传感器最好不要截取直接从光源产生的光。

众所周知，光有双重特性，它既具有波的特性也有粒子的特性。本发明适用于能量传播的这两种形式。然而，为了简化的目的，这里仅指光的波传播形式。

还应该注意到，虽然最佳实施例利用光作波源，本发明经过适当的修改也可以适用于其它波能源，包括声波。

作为一个变型，本发明包括一个压力传感器，它包括：

- (1) 一个发光源；
- (2) 一个可压缩光散射介质或中空可压缩结构，它限定一个同化空腔，在该空腔内来自发光源的光被充分漫射并通过多次散射而同化；
- (3) 一个光检测装置，该光检测装置沿着观测方向对准以采集在同化空腔中由多次散射所产生的充分漫射和同化光，并产生一个表示漫射和同化光的强度的信号；以及
- (4) 连接到光检测装置的信号耦合装置，用于将信号传递到一个压力指示器；

其中，同化空腔的体积随外部所施加压力的变化而变化，以提供充分漫射和同化光的强度的变化，从而产生一个信号以使压力指示器提供所施加压力的一个测量值。优选地，该同化空腔的体积根据沿着观测方向的横向方向所施加的外部压力而变化，从而使得测量横向施加的压力。

本发明基于漫射及多次散射发光的强度-亮度的检测原理，该发光存在于一个限定一同化光学空腔的可压缩的光散射结构的表面内或由该表面所含有。这种被检测的强度可作为实现测量所施加压力的一种方法。

这里的同化光学空腔定义为在材料中的或由一个结构所限定的一个区域或体积，具有这样的特征，即在空腔内的发光经过多次散射反射或折射，从而在整个空腔内使它的分布有效地随机均匀化。在这种空腔内，

最低限度，关于发光最初方向的信息最终丢失了。词语“充分漫射”是指这样一种状态，其中光或其它波能基本上完全被散射，以至接受器基本上均匀地从各侧被照亮。

此类空腔的一个变型的例子是一个光学同化球，它一般用于在不考虑光源的特定几何形状的情况下测量光源的绝对光亮度。在此同化球中，壁和所有内部结构覆盖有一白色漫反射表面，并且光度计这样放置，即光源发出的光线为了到达光度计必须反射一次或多次。

然而，这里所使用的同化光学空腔可以是一个充满空气或气体的体积，或者可以是由半透明固体如开孔泡沫或闭孔泡沫基体所占据的体积，该基体提供光学散射中心。

此空腔的特征是，对于恒定功率输出的光源来说，空腔内的光强度是空腔的体积、光源的大小和壁的反射率的函数，当壁存在时。本发明最好涉及一种空腔，该空腔与光源相比相对大一些，且当壁存在时，壁的反射率较好但并次于最好（如果存在最好的反射率，散射光的强度将不会随空腔体积变化而变化）。例如，壁的面积可以是光源面积的 10-1000 倍，壁的反射率可以是 50%-99.9%。如果这样的空腔在没有任何其它变化的情况下膨胀或收缩，内部散射光的强度将与空腔容积成反比例变化。

这样的空腔不必是球形。虽然极端的形状可能不完全符合，但任何任意的形状将具有类似的特性。

此空腔的还有一个特征，它对光源和光度计的确切位置和方向不敏感。同样地，光源发光的区域和光度计观测的区域并不受到限制，除了光度计最好不直接观测光源。

为实用目的，同化光学空腔应该用把光源和光度计放在白色橡胶球中来构成。这样的结构能够随外部气压的变化而膨胀或收缩，并且光度

计将产生一个信号，当外部压力增加时该信号也增加。

一个在某种意义上与同化球等同的光学空腔也可以通过将光源和光度计嵌入在光散射介质中来制成。介质可以是一种透明材料或含有散布的散射中心的流体。散射中心可以具有反射性或折射性，并可以在瑞利、米氏或几何范围内散射。散射中心与介质内的光平均自由程相比应该较小。

也可认识到，如果该结构包括一个封闭可压缩的光散射介质的可变形的壳，即使该结构同化上没有压缩本发明也会工作。因为围绕光源和检测装置的区域介质将由于局部施加压力而压缩，才产生这种情况。可以达到这种结果，例如，该结构包括一种用一柔性不透光外壳密封的可压缩散射介质，其中，该结构一个区域的压缩将导致外壳的变形和介质的局部压缩，但是在该结构另外的地方将发生相应的膨胀，这样该结构同化上没有压缩。

这里所定义的散射可以是反射或折射。主要特征是光被改变方向。达到此效果的散射中心的能力在相关空腔体积发生变化时应该保持持续。一般地，它们的散射特性在体积变化时应该是不变的。如果此特征确实随体积而变，它足以使体积内的散射光的同化强度随空腔尺寸变化在一定程度上变化。

当光线在空腔内多次散射时，它将趋于变得更均匀化。经过这个过程，通过累计散射在限定空间内的光将变得同化，即调匀或均匀化。当进行多次散射时，即使仅有部分各向同性情况——由于存在径向强度梯度，空腔内的光线将趋向于局部各向同性。

在光散射介质其体积内具有分散的散射中心情况下，通常定义平均自由程作为特征散射长度。这是光遇到散射中心的机会为大约 63%时光所移动的距离。在这种情况下，在光散射介质内，将具有围绕发光源的

照亮区，该照亮区与上述中空的中空腔限定的照亮区具有类似的性质（这里两者均包含在“光学空腔”含义内）。围绕光源在光学空腔内的发光区域将随机化，其强度以中空腔的强度与全部空腔体积成比例相同的方式与特征散射长度成反比。由于不可避免的吸收损耗的产生，散射光的强度将随着来自光源的光进一步行进而下降。

在上述情况下，如果半透明的光散射介质是可压缩的，当介质压缩时，散射中心将变得更接近地堆积。结果，特征散射长度将减小，光源附近的局部发光区将变得更亮。在光源附近的光亮度探测器将记录信号的增加。用此方式构造的空腔没必要限定材料结构，但是它对压缩变形具有可预知的反应。此外不管施力方向如何，它对相同的压缩变形反应相同。

光学空腔的两种结构，“带有散射边界表面的中空介质”和“散射介质”，可以作为压力传感器，并且实际中这两种结构可以在一个设备中混合使用。

适于本发明变形的散射介质的特征如下：

- 结构上自支撑
- 可压缩，即体积上可压缩
- 有弹性（可选择的）
- 至少部分传输光线，例如-半透明
- 根据介质的压缩而改变密度的散射中心

当散射中心的密度响应施加压力而增加时，接近光源区域的散射光的亮度也增加。同样，散射光线产生的集中发光区体积收缩，远离光源区域的散射光亮度降低。当偏转区域在此两者之间存在时，所施加压力将导致接近光源和远离光源区域亮度的改变。最好，本发明依靠区域的亮度检测，在这些区域中当光散射中心变得更密集堆积时，散射光产生

的发光强度增加。

本发明的一个优选结构是布置发光源和光检测装置，使得在没有接收光源的任何直接发光的情况下，传感器的观测区与散射光线区交叠。这种条件可以通过将光源和传感器并排放置且方向均对着光散射体的同一照亮区域来满足。

如果传感器检测到经过多次散射没有同化的某些光线，例如，光源直接产生的光或同化空腔内一个直接照亮的静止表面发出的光，来自这种光的信号成分将不与同化光相同的方式随空腔体积的变化而变化。这些检测到的输入量通过随后的信号处理可被区别出来，以分离出同化散射光产生的成分。这样，即使存在输入模式的混合，系统也具有响应所检测光的多次散射成分变化的能力。

传感器最好布置成避免采集空腔内发光的其它、较少的或无反应的成分。例如，发光源不应该被直接观测到。但是，传感器观测的区域应该不包括发光源。否则，输出信号的处理可能被要求区别不同的作用。

在本发明另一个变型中，光漫射介质是一种漫反射的柔性泡沫板、或固态弹性聚合材料板。此板放置在光源和传感器的上边以提供一个含有散射光线的照亮空腔。在光传感器上边的板上施压，由于板的偏移，空腔的体积将减小，空腔内的光强度将增加。同时，当使用泡沫时，泡沫内散射光的亮度，也随着压缩而增加。泡沫内的散射光线区域可以说被包括为光学空腔的一部分。

如果采用不可压缩或可压缩的半透明板，当将板与发光方向成倾斜角度放置在发光源的上边以在它们之间形成一个空腔时，施加到板上的压力可以方便地来自发光方向的横向或倾斜方向。这任一情况下，通过相关变化检测所施加的压力，该变化是指当施加压力时，在发光光学空腔内多次散射、漫反射光的所观测亮度的变化，光学空腔是由反射或光

散射体所限定或存在于反射或光散射体内的。

有选择地，设置一个外保护盖以排除周围光进入照亮空腔。任意一种盖板表面的空腔限定侧面以及限定空腔边界的其它表面可以导致或多或少或少的反射以调节传感器的性能。

在本发明中可以采用任何一种波能传感器或光检测器。提供发光和检测通过施加压力来调节的光线的最佳装置是使用光学纤维。

在一优选变型中，作为光传感器的光学纤维端部配置在一压敏、光调制介质内或其下面。此外，该光调制介质可被光学纤维照亮。通常，可反射运行的单个光学纤维可以用作发光和检测调制介质区的照亮区的亮度。

通过采用起发光源和散射光传感器两方面作用的光学纤维，在不必要仔细地区分纤维终端/检测区周围结构的情况下，使构造一个带有纤维的平面层的薄板成为可能。所获得的优点是，在很低的成本下，就可以构造具有薄截面的大压力检测阵列。

采用光学纤维的另一个优点是，可以配置这样的光学纤维以提供一种高空间密度的光检测光学纤维端部的平面阵列。这可通过形成光学纤维的连续交错平面层来实现，每层中的光学纤维的端部设置成采集线性或窄的两维区域上的光，该区域延伸穿过此平面层的宽度。然后每层的采样区设置成与相邻区相邻接以在扩大的平面面积上采集光线。

单个压力传感器的阵列可以安装在使用光学纤维的支撑板上，光学检测纤维端部对齐布置或分散在板表面的整个宽度上。当检测端布置在一条线或窄带上时，平面传感器阵列的连续层可能覆盖在后退位置上以在近似平面区域上提供一个高密度的分布压力检测面积。在此复合阵列中，一通用保护盖和一通用照亮光散射介质可以覆盖在传感器端部。

当采用一通用照亮光散射介质时，传感器可以它们的间距充分分离

以消除传感器之间的“串扰”干涉。在泡沫半透明的情况下，它将具有一特征散射长度，该散射长度控制发光源发出的光最终被消除的比率。如果将串扰减到最小，传感器间距应该超过此消除长度，或采用其它特定装置来隔离传感器（如使传感器之间的边界不透明）。

单个传感器的信号输出可以通向一光电信号转换器以便用一电子仪表来显示。在阵列输出的情况下，光学纤维端部可以按它们在支撑板上分布的相同顺序安装，这样其输出可以用摄像机进行光学扫描。

本发明的一个优点是，基于响应平面光散射介质变形的亮度变化的空间分布数据可以以可见的视频图像获得。这可以通过将多个亮度传感器配置在一个阵列中来实现，用每个传感器的输出来控制视频图像内相应象素的亮度。然后这样作出的图像可以以正常方式在显示屏上显示，提供的图像是每个传感器区域的压力状态图。图像也可以数字化并用现有机器视觉技术来分析。

因而，为了代替可以与光学纤维传感器一起使用的不连续光学读出器，可以采用一同化视频接口。基于此技术的接口组件可以同时从超过105个光学纤维中发光和读出信号。来自传感器大阵列的视频信号可以利用现有的图像捕捉和分析技术实时地捕捉和转换、或电子保存起来用于以后的处理。视频信息可以被转换或未加工模式作为普通 RS170 视频图像来显示。

本发明还包括一种方法，该方法用于监测和测量施加到如上所述的压力传感器上的压力。本方法包括如下步骤，提供一个压力传感器，该压力传感器包括一个具有外部边界的可压缩的波能载体介质，以及一个与载体介质连接的波能源；

提供散布在载体介质中的波能散射中心、一个用于接收散射波能同化强度的波能接收器、以及与接收器相连的信号耦合装置；

在围绕波能源和接收器的区域建立一个散射能量体，其中，一旦外部边界向内偏移，散射能量体的空间体积减小，以使散射能量体内的散射波能增大；

用所述接收器检测所述波能；以及

将表示施加到所述外部边界上的压力的信号从所述接收器传递给一个压力指示器。

波能最好包括光，并且光束仅是非直线地从光源传播到接收器，接收器基本上只检测散射光。

附图说明

前面综述了本发明的主要特征和一些选择的方面。下面通过结合附图对优选实施例进行描述，对本发明可以进一步地了解。

图 1 是两根光学纤维端部在光散射泡沫体中心部位的示意性剖面图。

图 2 表示图 1 部件分别受压时的结构。

图 3 和图 3a 分别表示在受压前和受压时具有邻近基板的光学纤维的图 1 中的部件。

图 4 表示在基板上放置两根光学纤维的泡沫板的剖面图。

图 5 表示图 4 部件受压时的结构。

图 6 表示带有一橡胶衬泡沫板的图 4 中的传感器的示意性剖面图。

图 7 表示具有多条光学纤维的带的示意性截面侧视图。

图 8 表示图 7 带的俯视图。

图 9 表示图 7 中带阵列的俯视图。

图 9a 是光学纤维终端块的示意图。

图 10 示意地表示发光和检测光学纤维分离的立体图。

图 10a 是交替的发光和检测光学纤维活动端的示意性立体图。

图 11 是由带所支撑的光学纤维交替布置的立体图，其中两条带一个层叠在另一个上边。

图 12 是用于连接光学纤维终端块的光束分离器的示意性剖面图。

图 13 是将信号从压力垫传递到视频监视器的示意图。

图 14 显示一个在安全位置用于检测入侵者的压力垫。

图 15 是基于直接反射的现有技术系统的示意图。

图 16 是本发明采用的同化光学空腔的示意图。

具体实施方式

根据本发明一个变型的光学散射几何 (geometry) 传感器的基本部件由嵌入散射介质 3 中的光学纤维发送器 1 和接收器 2 构成。介质 3 的散射特性随着产生光信号的变形而变化，光信号与所施加的压力成比例。如图 1 所示，根据本发明的传感器可以通过将光学纤维对 1、2 端接在可压缩的开孔半透明泡沫 3 中。由聚氨酯制成的开孔泡沫外表通常呈白色。泡沫 3 具有半透明、带有毫米级细孔尺寸的自支撑基质。一光学纤维 1 从诸如发光二极管 4 的一个光源提供光。另一光学纤维接收光并传送到光敏二极管 5 中。如上所述，随后，这两个光学纤维 1、2 也可用一个单独的以反射模式工作的光学纤维 6 来取代。

在图 2 中表示散射介质 3 的压缩的影响，当施压时，在光散射泡沫 3 内的受照区 7 或区域的体积收缩。发光区域 7 起同化光学腔作用。区域 7 不仅体积收缩，而且其内部的亮度也增加。通过将光检测纤维 2 的检测端 8 放置在一个保持在收缩受照区 7 内的位置上，一旦压缩，例如邻近光源端部 9，传感器 2 将提供一个随泡沫 3 压缩增加产生的输出信号。

尽管图 1 和图 2 所示的光学纤维对称地由环绕的泡沫 3 限制，这种光学纤维 1、2 也可以如图 3、3a 所示地位于邻近一边界表面或基板 10

的位置。基板的内表面 10a 及上覆盖层 11 可以是具有反射性或吸收性的。如果背景光不是太高以致于使光传感器 2 对压缩不敏感的话，它们甚至也可以是透明的。然而，最好用不透明的边界表面。

为了达到满意的性能，最好满足下列条件：

(1) 光源和传感器端部 8、9 的直径与光散射介质 3 中的特征光散射长度相比最好应小一些；

(2) 介质 3 中的光散射部件与光源和传感器 9、8 的直径相比最好应小一些；和

(3) 散射介质中的受照区 7 的体积应至少与介质 3 中的特征散射长度相差不大。

这些仅仅是近似的参数范围。本发明可以在此范围之外工作。光散射介质的特征散射长度是超过 63% 的光被散射的长度。这取决于系数 $(1-1/e)$ 。

在图 4 和图 5 中，设置泡沫板 3a 以覆盖两条光学纤维的观测和发光端 8、9 上，泡沫板包含在下基板 10 和上覆盖板 11 中。在图 4 和图 5 中，在施压前和施压后，发光区或光学空腔 7 延伸到泡沫 3 中。光学空腔 7 包括充气空间 13 和泡沫 7a 的受照部分。因为泡沫 3 是板形结构 3a，所以小空腔 13 存在于光学纤维 1、2 的活动端 8、9，这种端部 8、9 与泡沫 3 由小缝隙分开。当施加压力和泡沫 3 压缩时，充气空腔 13 体积减小。

在此情况下涉及以下几个机理。

(1) 如果泡沫 3 用作板 3a，泡沫 3 自然不与光学纤维端部 8、9 直接接触。这就引入了空隙腔 13，在没有压力时空腔 13 使由检测纤维 8 所“看到”的从泡沫 3 下表面 14 发出的光线量减少。当泡沫 3 被压缩时，充气空腔 13 的体积减小，增加了回到传感器端部 8 的散射同化光

的返回，从而也增大了检测亮度。

(2) 泡沫 3 主要由空隙和介入其中的半透明聚合材料构成。压力减小了泡沫 3 中的空隙，使泡沫 3 中的散射同化光的受照区 7 变亮。

(3) 泡沫层 3a 的偏移也在发光纤维 9 和检测纤维 8 两者“范围”内带来了更多的光散射聚合体，因此增大了返回信号。

另外，泡沫板 3a 可以有选择地安装一具有下反射表面 15 的反射上盖板 11a，当使用的泡沫板 3a 厚度低于消光路径长度(light extinction path length)时，上盖板起作用。盖板的反射率将影响同化强度，但基本上不改变响应的性质。实际上，上盖板 11a 也可做成非反射性的，这样散射的光将被阻止进入光散射介质 3。

所施加压力的检测可以通过所有上述机理作用的组合来完成。或如果消除充气空腔 13 (例如，如果就地使用泡沫的话)；或如果上反射盖板 11a 不存在(如，使用很厚的泡沫，这样也就不会发生散射光干涉的可能性)，它也能工作。

尽管图 4 和图 5 显示了泡沫板 12 的使用，用固态、柔性、具有弹性的板可得到类似的结果，该板具有漫反射下表面。在这种实施例中，信号产生现象实际上仅起因于上述第一种机理。

图 6 表示一个简化的单传感器系统，该系统具有一个在基板 20 上并用一背贴橡胶的泡沫板 3b 所覆盖的反射工作光学纤维 6，这表示图 4 和图 5 中所示传感器结合起来的原理。多个这种单传感器可以方便地组装成在图 7 和图 8 所示的“带”16 的形式。

图 7 和图 8 中的带 16 具有多个如 32 个反射工作的光学纤维 6，光学纤维 6 由具有延伸长度的基板 10 所支撑，基板宽度等于光学纤维 6 所占空间加上它们之间的间隔。已经采用的宽 10mm 的带 16，光学纤维 6 的直径为 0.25mm、间距为 1mm。光学纤维的活动端 17 不仅可以相互移

动纤维间的间隔 18, 而且可在带 16 的宽度上沿着对角方向交错排列。

已经发现 10mm 的纵向间隔 19 是可接受的。在活动区之外, 光学纤维 6 可以包扎成束 20 并与连接器 21 连接。

多个带 16 可以平行安装在一个共用支撑板上以阵列 22 的形式提供一个加大的检测表面, 如图 9 所示。所有光学纤维可以与公共连接器 21 相连, 以用于将信号发送给一信号显示系统并用于公共照明。

如图 9 所示, 传感器阵列已经装配成通用的、可现场安装的带 (field installable tapes)。阵列 22 的检测长度可安装在所研究的部位上, 而光学纤维 6 能被安装到一个附近位置并在公共终端块 23 处切断成应有的长度, 如图 9a 所示, 终端块 23 是连接器 21 的特殊类型。

在一个示例中, 每条带具有单纯发光和检测功能的纤维 1、2, 如图 10、10a 所示, 带是分叉的, 以使交错的纤维 1、2 可分别接收和发送, 因此, 没必要使用反射发光系统。

组装检测阵列 22a 的另一变形是在每条带 16 上排列光学纤维端部 6a 并终止于一条线, 这样“压力测试端 (taxels)”或压力检测纤维端部 6a 以同一尺寸邻接, 如图 11 所示。层状阵列 22a 也可通过堆叠带 16 形成纤维端部 6a 的阶梯状块来形成, 阶梯状块提供一密集分布压力测试端的大感应区。

如图 12 所示, 可以利用光束分离器提供反射发光。在图 11 中, 用于光学纤维 6 的终端块 23 提供穿过面 26 的纤维端部 6a, 它对应于压力检测阵列 22、22a 上压力测试端的布局排列。激光二极管 27 发射激光, 激光通过透镜系统 28 被放大, 在一个光束分离、半透明倾斜镜片 29 反射后, 进入固定在终端块 23 上的暴露的纤维端部 6a。从纤维端部 6a 的返回光线 30 穿过终端器块表面 26、镜片 29 和可选透镜而被光检测器检测到。一般地这可以是带有 VE-262 转换器 32 的摄像机。

如图 13 所示,使用标准 VE-262 转换器 32,由触觉检测阵列 22、22a 所产生的信号 33 能以视频模式传递给视频监视器 35 的屏幕 34 以便显示。

提供这些信号 33 的触垫 22、22a 一般可以为 200mm 宽、320mm 长。根据具有 32 根纤维的 20 个带式传感器,每个阵列有 640 (32(20) 压力测试端。

这样的触垫 22 可以放在需要检测压力的地方。图 14 表示触垫 22 放在临近建筑物 37 的窗户 38 的地板 36 上,在这里检测是否有闯入者 39。闯入者 39 在触垫 22 上的脚印 40 的图像以一种容易识别的模式显示在荧光屏 34 上。无线发射装置或红外发射装置 41 可以将信号传送给安全结构监测的遥远位置。

在监视站,当传感器的活动以图像形式如脚印显示在计算机屏幕上时,监测人员将能实现对监视场所检测或记录的活动进行远程分析。

对应于光学纤维端部 6 所提供的光信号的数字化输出能够提供灵敏度和超过 8 位(bits)的动态范围。这可通过将光学纤维信号放大超过一个像素来实现。当光学纤维数量比像素数小时,可使用此技术。一般涉及子像素插补技术,该技术已应用于空间视觉系统。

本发明能提供静态和动态信号处理。静态压力测量和动态事件监视(如滑动、接触、碰撞)。也能提供接触模式识别能力。

设计传感器/转换器灵敏性以提供任意高的灵敏度。很容易达到 12 位(bit)灵敏度 (1:1000)。

用开孔泡沫 3 建立的传感器阵列 22 对施加的几克压力产生的小变形敏感。随变形的增大而增加的信号强度最大值可达约 1kg/cm²。传感器有一些滞后。

转换器能够根据指令获得光学纤维图像位置信息。然后能够跟踪信

号大小的变化，并以 15Hz 的刷新频率来显示转换后的输出信息。动态范围和灵敏度超过 12 位(bits)。

该系统设计使得可以以非常低的费用传输大量的传感器信息。一个具有不连续电子读出器的现有光学纤维接触式传感器在没有信号转换的情况下每 taxel 花费约 20 美元。其它形式的商用接触式传感器在没有读出器的情况下每 taxel 花费到 50 美元。使用现有接触式读出技术的 (104) 压力测试端大阵列的费用将达百万美元数量级。

带有视频技术的光学纤维检测的同化具有两方面的作用：

(1) 减少了光学纤维传感器的准备费用，并可利用很低成本技术进行大量传感器的读出。信号接口费用能够低到几百美元，即，对于 104 传感器阵列而言，每个传感器费用约为 0.01 美元。

(2) 视频接口不仅捕捉信号，还可以利用现有的信号转换能力。现有机器视觉图像分析技术能够在每 taxel 0.01-0.1 美元数量级的成本下提供信号采集和实时进行 105 压力测试端转换处理的能力。这表示在传感器技术方面是一个空前的突破。

本发明工作原理与现有技术不同。图 15 表示一现有技术结构，在该结构中光源 42 在漫反射轴向设置的平面 44 上产生发光区 43。检测器 45 观测同一表面 44。如果表面 44 沿轴向移向检测器 41，根据反射光 46 的直接接收、由检测器 41 所检测到的光强度将随距离“d”与放大率 (power) n 比值的倒数成比例地变化，这里 n 可以在 2 与 4 之间，而“d”比光源和检测器之间的间距大。这是现有技术的一个实施例。

如图 16 所示，通过增加漫反射侧壁形成一个同化光学空腔 47。如果光源 42 和检测器 45 与空腔 47 的尺寸相比足够小，并且如果空腔 47 的“Q”与尺寸相适合，那么所检测到的对基本反射表面 44 轴向移动的响应将完全不同。这样的响应将随距离“d”与放大率 n 比值的倒数成

比例变化，这里 n 在 1 与 2 之间。此外，如果限定空腔 47 的任何表面被移动，包括位于光源和检测器后面的侧壁 49 的移动，它将以相同方式变化。

本发明在于对反射光线 48 的响应，光线 48 经过了空腔 47 散射部件的多次散射作用。尽管侧壁 44、49 散射光线 48，在用泡沫作为散射介质的情况下，如上所述，这种散射等于是通过体积中散布的散射中心来提供的。

如上所述，本发明也包括一个装置和方法，该装置和方法使用除光之外的声波或其它波传播能量来达到相同的结果。在此方案中，如图 17 所示，声源代替了上述的光源，声检测器取代了上述光检测器。声源 104 可以包括一个声发生器，如一个压电装置，声波通过一个导声管件 101 传导，该管件 101 一端与声发生装置相连，而其另一相对开口端 109 与同化室 103 的内部相连。检测器可包括一个麦克风 105 或其它类似装置来检测声波并将声波转换成电脉冲，电脉冲又传送给如上所述的信息处理装置。在本方案中同化球中含有声波散射材料 107。

上面已经描述了一些特定实施例，表明如何实施和应用本发明。这些实施例仅作为例子。本发明最广泛和更具体的方面将在下面的权利要求中进一步描述和限定。

这些权利要求和这里所使用的语言应根据所描述的本发明的变型来理解。它们并不局限于这些变型，但可被看作是对本发明整个范围的覆盖，包括本发明中所暗示以及这里所披露的一切。

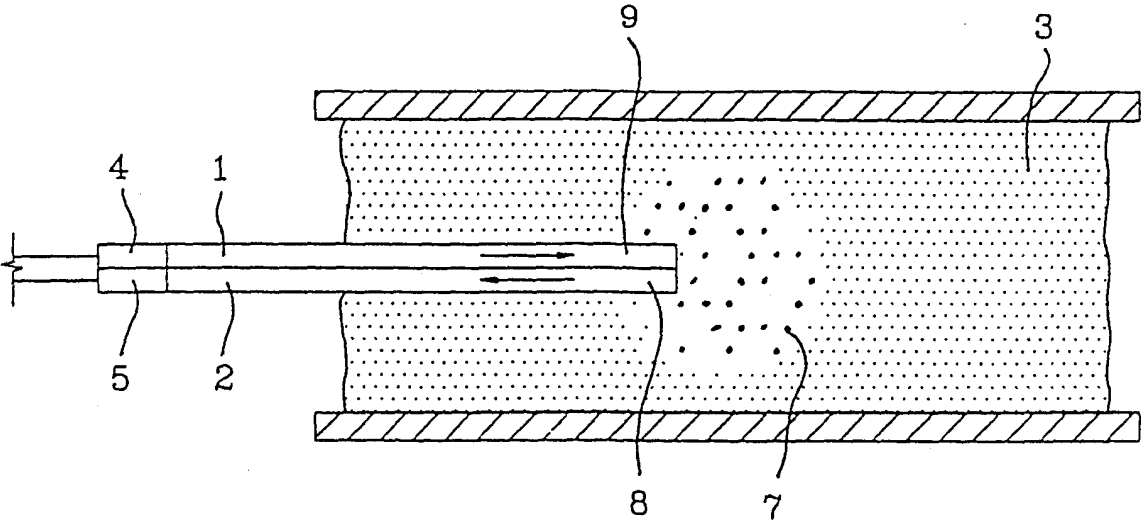


图 1

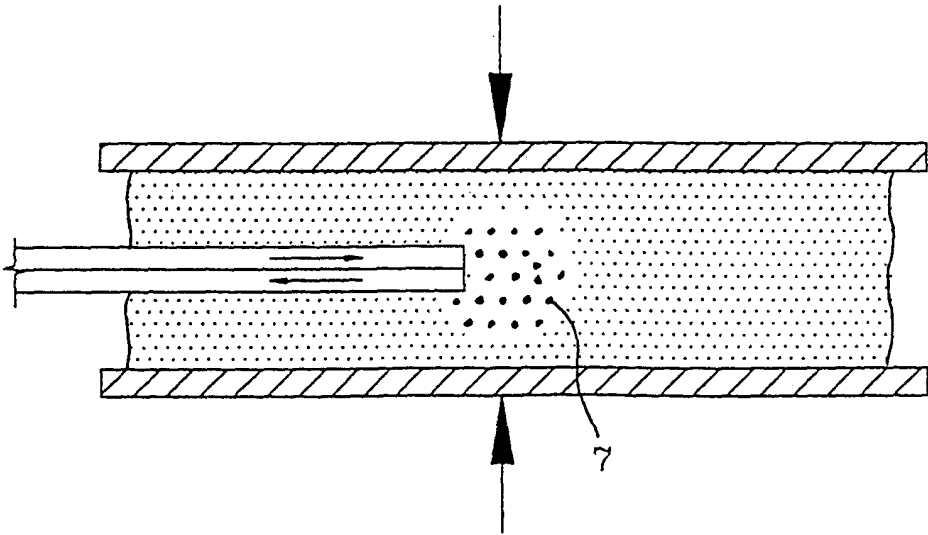


图 2

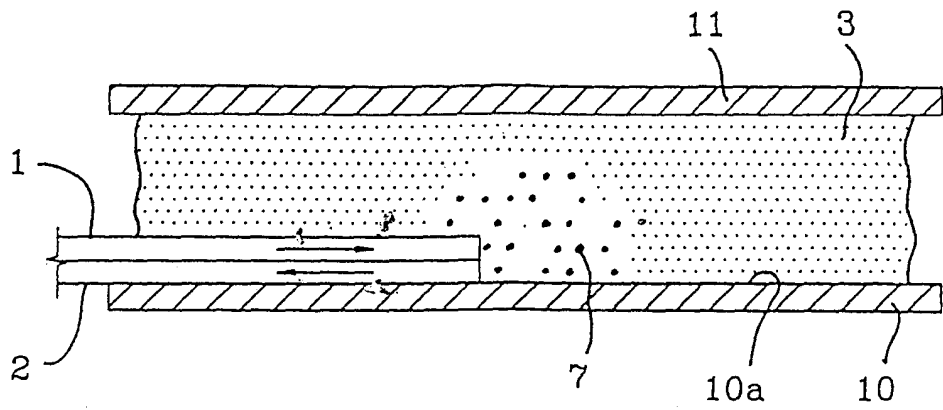


图 3

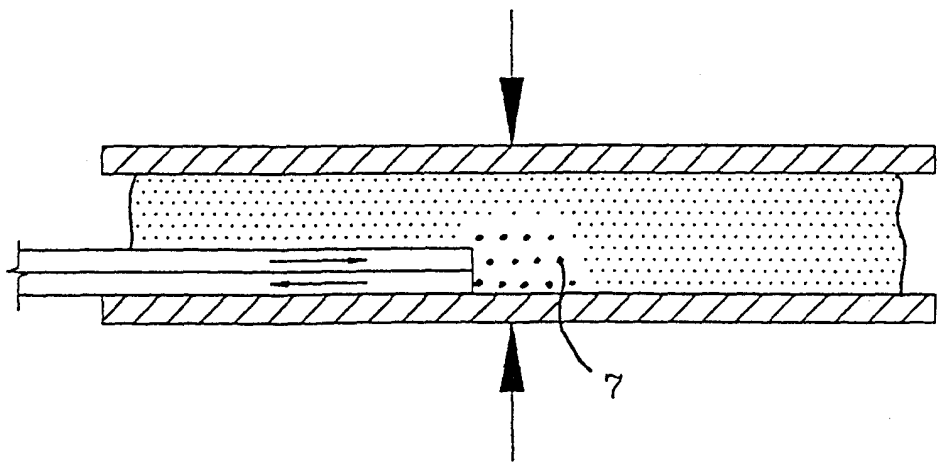
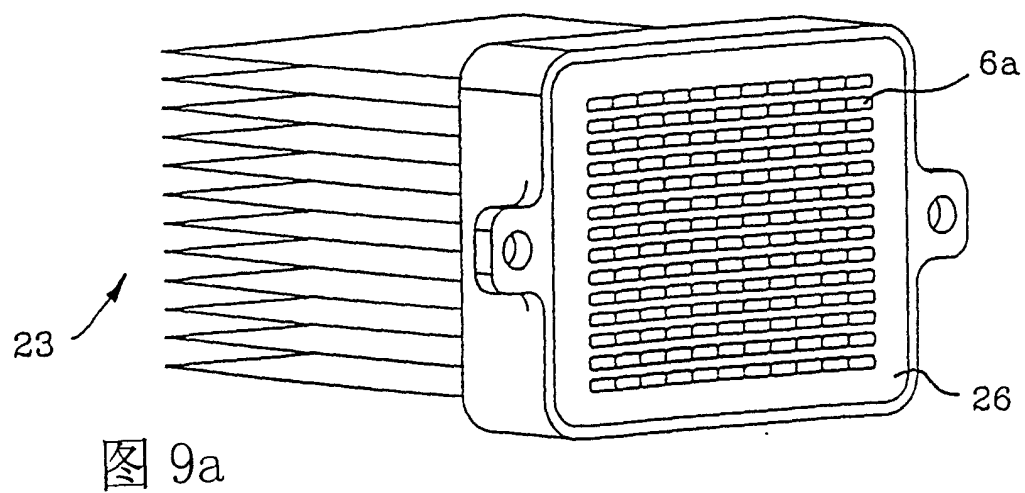
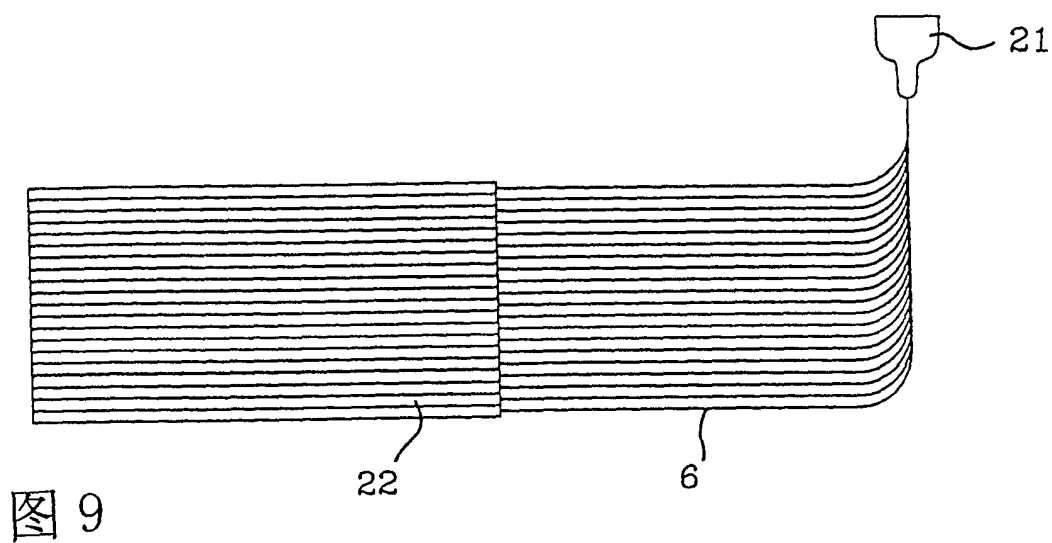
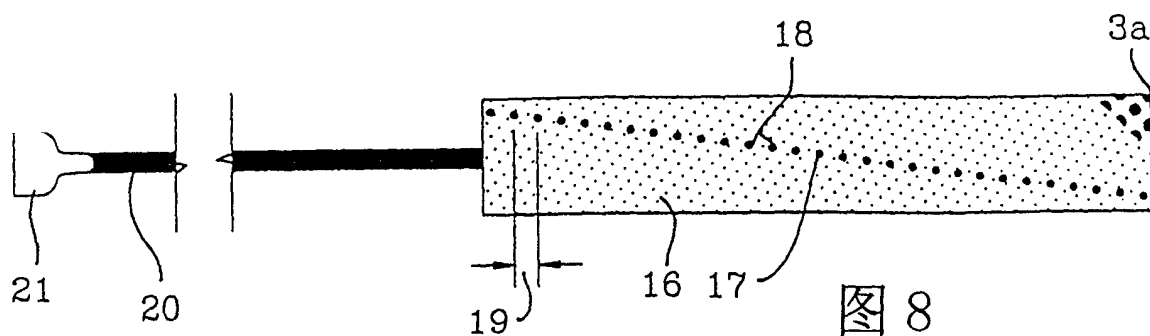
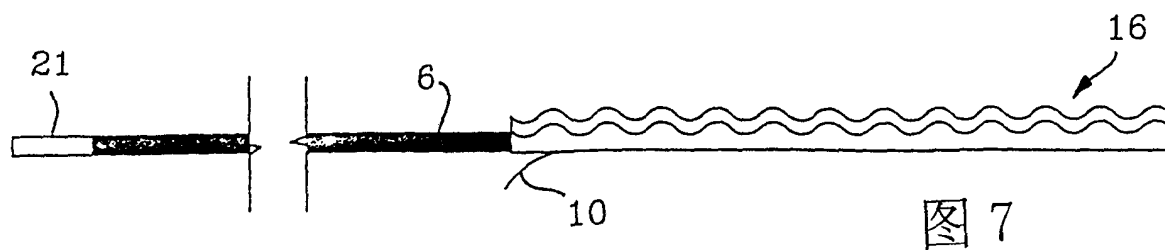


图 3a



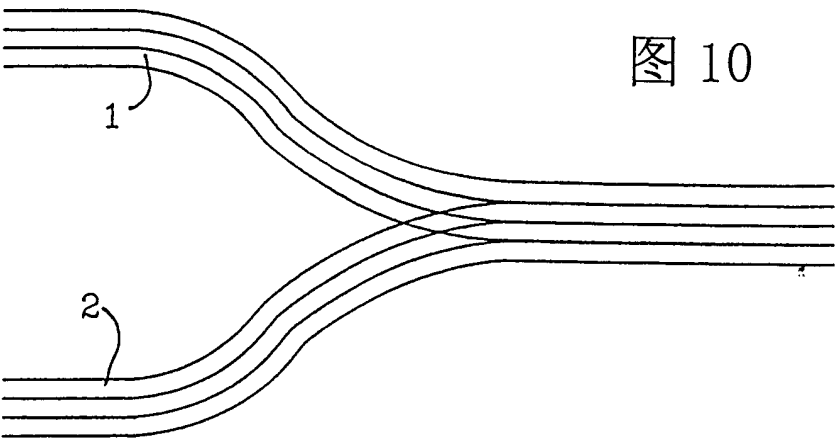


图 10

图 10a

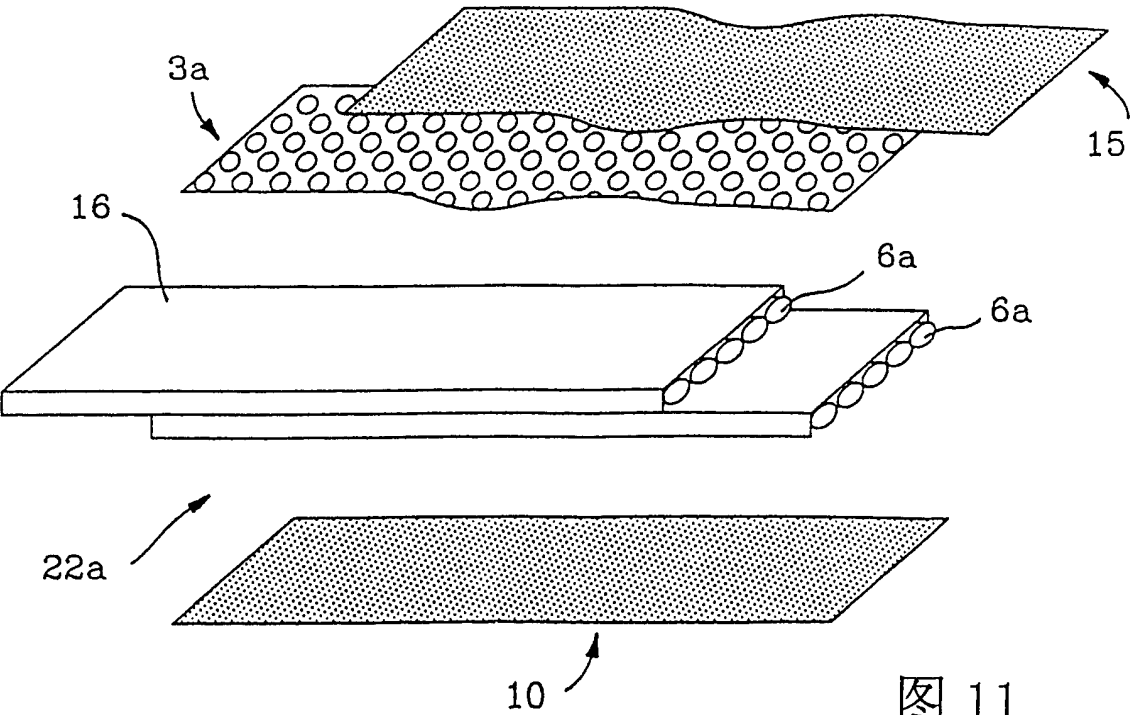
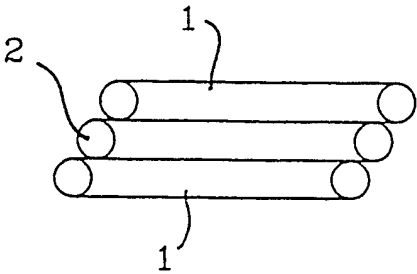


图 11

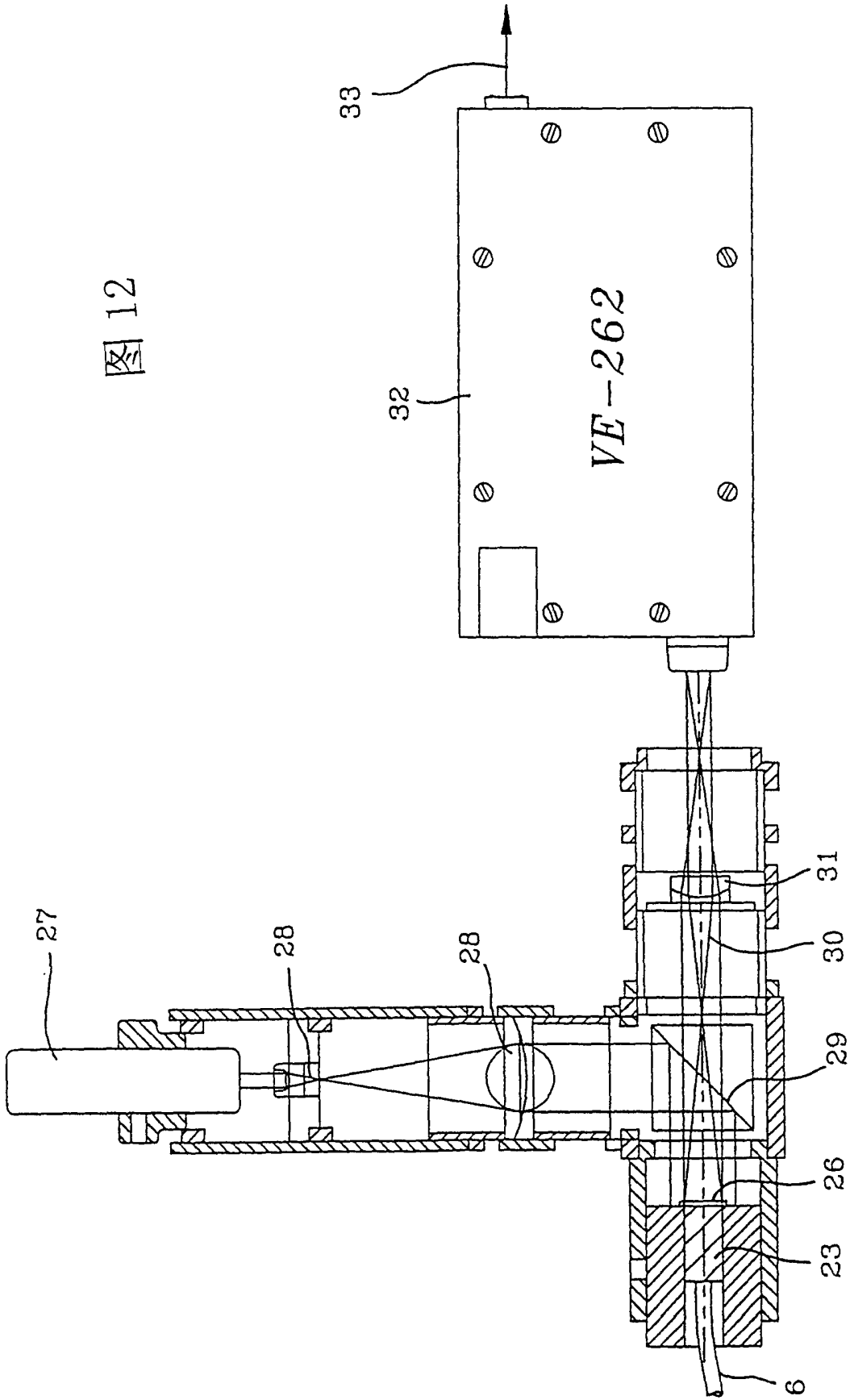


图 12

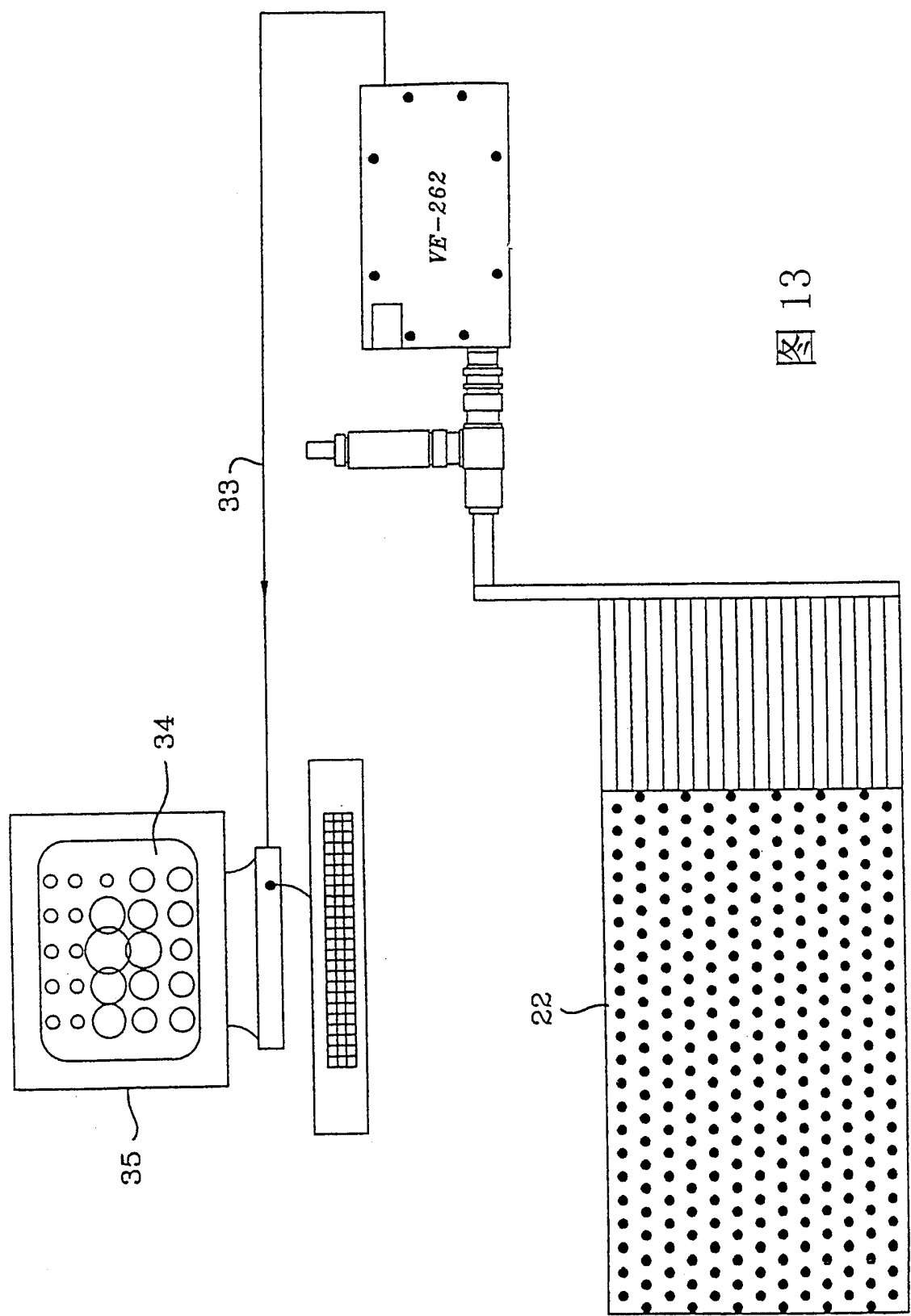


图 13

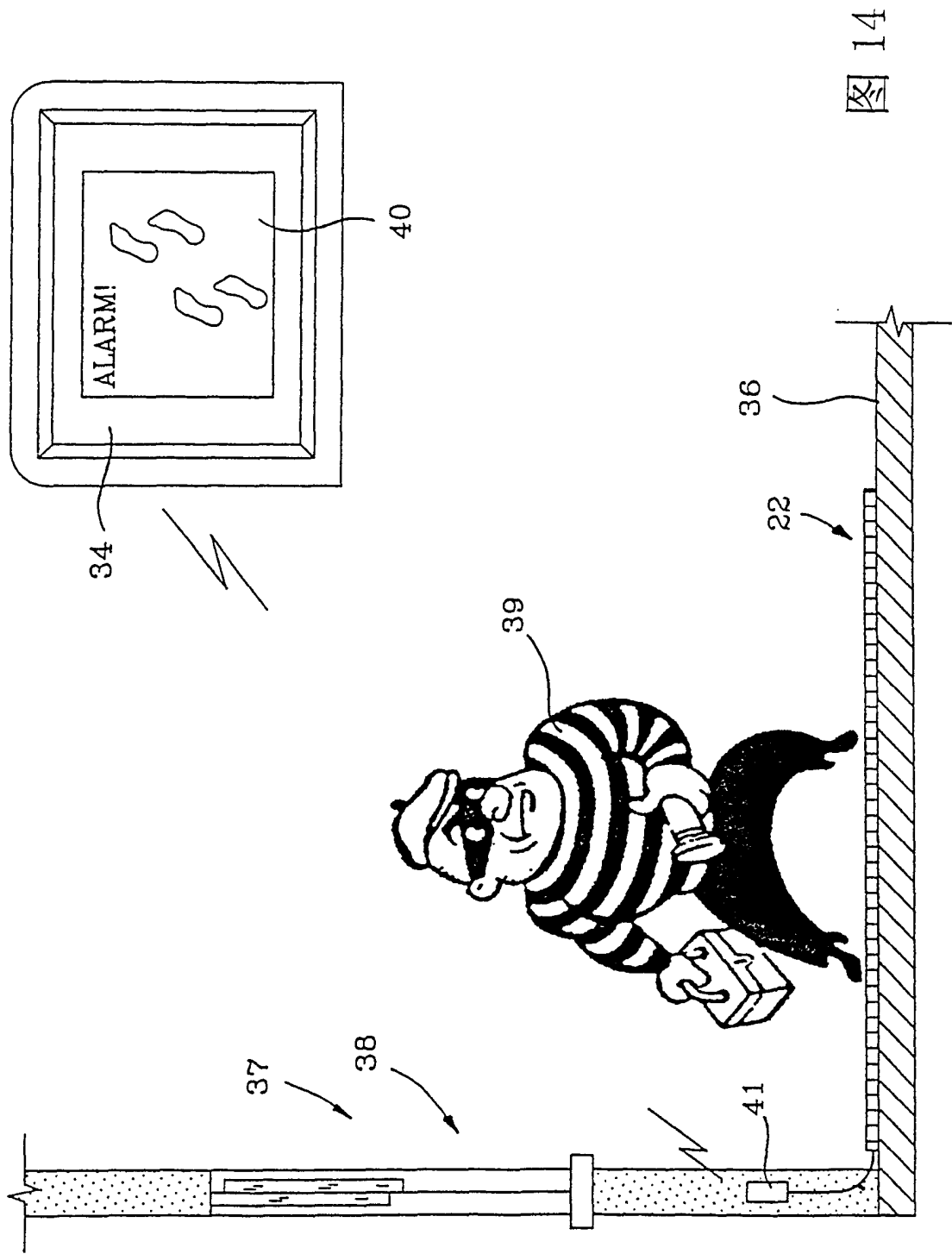


图 14

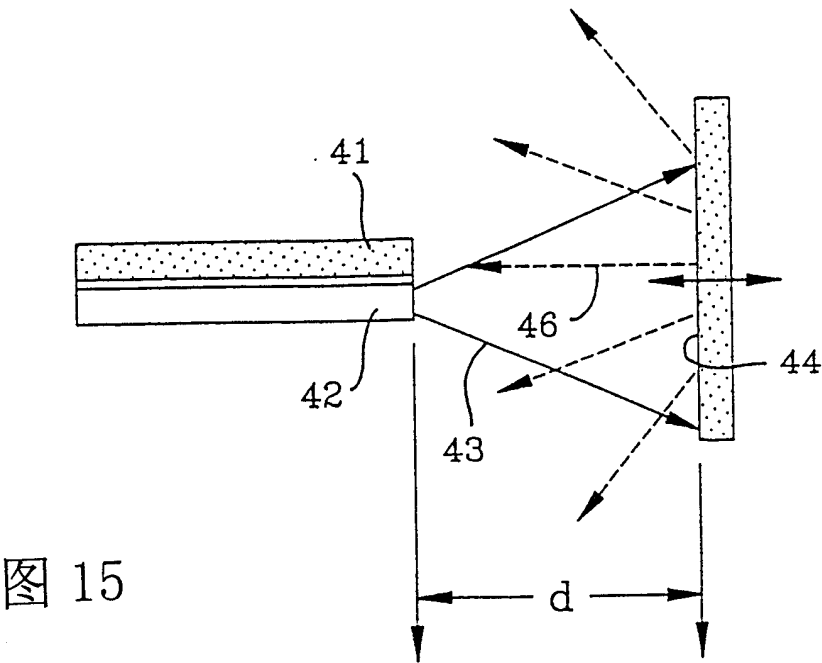


图 15

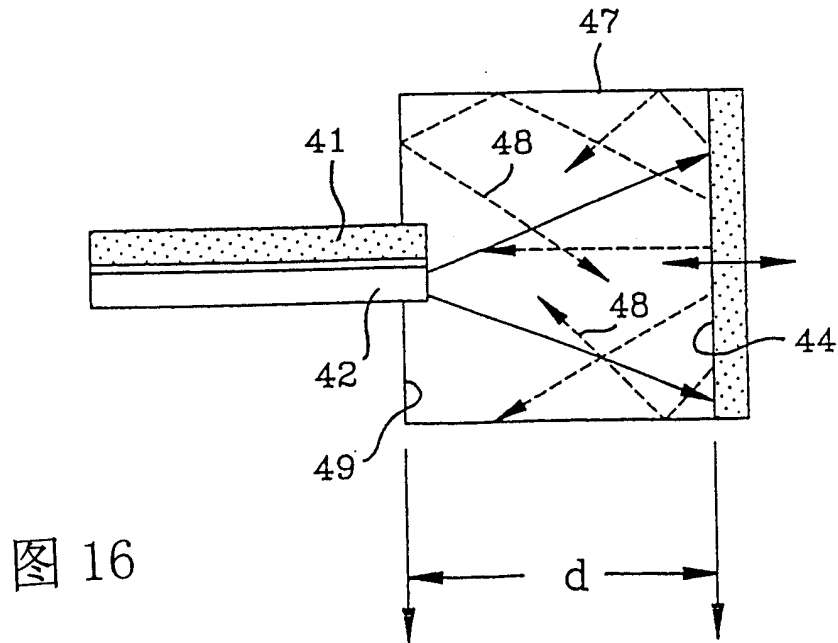


图 16

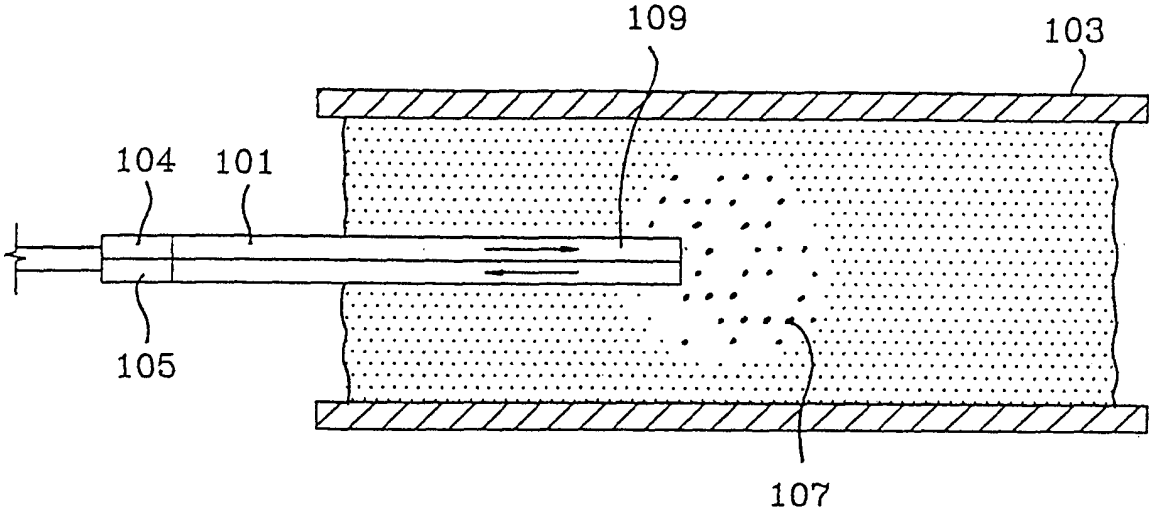


图 17