

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>  
G01N 33/38



[12] 实用新型专利说明书

G01N 21/17 G01B 11/16

[21] ZL 专利号 03272851.4

[45] 授权公告日 2004 年 8 月 25 日

[11] 授权公告号 CN 2636238Y

[22] 申请日 2003.7.3 [21] 申请号 03272851.4

[73] 专利权人 香港理工大学  
地址 香港九龙红磡  
[72] 设计人 刘建德 陈珏璋

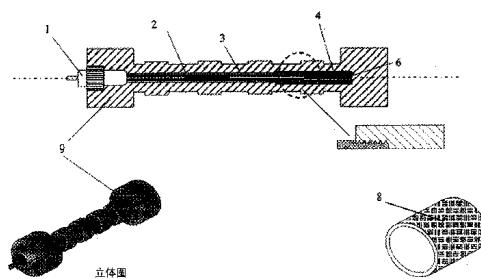
[74] 专利代理机构 隆天国际知识产权代理有限公司  
代理人 潘培坤 楼仙英

权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 4 页

[54] 实用新型名称 具温度补偿的水泥结构应变测量传感器

[57] 摘要

一种具温度补偿的水泥结构应变测量传感器，该传感器具有布拉格光纤光栅，埋入混凝土中后，该传感器能同时测出混凝土的机械负载和温度影响，不须任何外覆隔层故具有小的尺寸因而能贴近混凝土的表面而提高测量精度。本传感器包括：水泥或环氧树脂制的有盲孔的外壳；在外壳前端用不锈钢或聚合物材料制成的前套管；在外壳后端用不锈钢或聚合物材料制成的和前套管同轴螺接的后套管；在两套管中的在两套管包覆部位制有布拉格光栅的光纤；在外壳进口用以连接套管中的光纤和外部光纤的光纤接头。装配时前套管和其内部的光纤用环氧树脂粘固成一体。外壳可在其内部各件装配妥当后最后灌制，以便和前套管固定连接而不会产生相对活动。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

1、一种具有温度补偿的水泥结构应变测量传感器，该传感器直接埋入混凝土中，该传感器包括光纤、光纤接头和外壳，其特征在于该传感器还包括：

- 5       一前薄套管，套设于该外壳内的进口端；  
一后薄套管，套设于该外壳内，与前薄套管同轴连接；  
所述的光纤，穿设于该前、后两同轴薄套管中，该光纤与前薄套管固连；  
所述光纤在该两套管包覆的部位分别具有布拉格光栅；  
所述的光纤接头与前薄套管中的光纤和外部光纤相连。

10      2、如权利要求 1 中所述的具有温度补偿的水泥结构应变测量传感器，其特征在于，将该前薄套管及其内的光纤通过环氧树脂固连。

3、如权利要求 1 中所述的具有温度补偿的水泥结构应变测量传感器，其特征在于，该前薄套管的外壁设有防滑凸纹，该前薄套管通过防滑凸纹与该外壳的内表面相对固定连接。

15      4、如权利要求 1、2 或 3 所述的具有温度补偿的水泥结构应变测量传感器，其特征在于，该外壳的最短长度为 150 毫米。

5、如权利要求 1、2 或 3 所述的具有温度补偿的水泥结构应变测量传感器，其特征在于，该前薄套管中光栅的数目至少为一个。

6、如权利要求 1 所述的具有温度补偿的水泥结构应变测量传感器，其  
20 特征在于所述外壳是由水泥或环氧树脂制成的狗骨形，其一端为盲孔，其外表面设有多个凹凸环。

---

## 具温度补偿的水泥结构应变测量传感器

### 技术领域

5 本实用新型涉及光学组件，尤其是包含光导纤维和光栅，且具有温度补偿功能的水泥结构应变测量传感器。

### 背景技术

10 把包含布拉格光栅的光纤埋在混凝土结构中作为传感器，以测量该混凝土结构应变的做法由来已久。例如[1]中国专利 99816041.5，[2]中国专利 00811911.2，[3]美国专利 5,770,155，[4]美国专利 2002/0154860 A1，等等。但是至今还存在着不少问题。例如现有技术[1]和[4]的传感器都是把光纤置于狗骨形的玻璃管中，该玻璃管再埋在混凝土中。这样测出的结果，由于机械负载而引起的光纤伸长和由于温度变形而引起的光纤伸长都混在一起了，为了在总15 的结果中分出机械负载导致的伸长，就必须在该狗骨形的第一个传感器旁再放置一个用于测温度应变的传感器，把由第一个传感器得到的结果减去温度应变传感器的结果，就是所需的单纯由机械负载导致的结果了。

20 由于传感器要测量的是混凝土结构最薄弱的拉应力，而在混凝土的拉应力区又往往配置钢筋，因此如再埋入两个传感器，此部位原本就不够厚的混凝土会被显著地削弱，形成应力流中的空穴，从而造成破坏。

再者，如果把传感器布置在钢筋束中或十分靠近钢筋的话，由于钢筋的弹性模量远比混凝土的大，传感器测到的并不是混凝土结构最危险部位的数据，所以往往最外层的混凝土已有了裂缝而传感器传来的数据还是处于安全范围之内。

25 此外，为了提高测量精度而需像现有技术 [2] 和 [3] 那样在传感器外面再设置特制隔层的做法，不仅在实际施工时是十分不方便的，况且这样做实际上等于加大了传感器的尺寸，所以同样会面临该部位混凝土厚度的问题和应力流空穴的问题。何况也并未解决测得的结果含有温度应变的问题。

因此，如何用单个小尺寸的传感器达到现有技术的两个传感器的功效是目30 前的当务之急，同时还要提高测量精度而不需要使用现有技术的隔层。

## 发明内容

本实用新型的目的是提供一种测量水泥结构应变的、具有温度补偿的、直接埋在混凝土中的、单枝布拉格光纤光栅传感器。由于它只需要一枝就能够同时分别地测出所在部位混凝土的机械负载和温度影响，又不须要任何外覆的隔层，所以具有比现有技术小的尺寸，因而能够比现有技术更贴近混凝土的表面，从而提高了测量的精度。

为了实现本实用新型的目的，本实用新型的单枝布拉格光纤光栅传感器包括：水泥或环氧树脂制成的狗骨形的，外表面设有多个凹凸环，带有盲孔的外壳；位于该外壳进口侧内的，用不锈钢或聚合物材料制的，具有粗糙外表面的，  
10 尾端有外螺纹的前薄套管；位于该外壳终端侧内的，用不锈钢或聚合物材料制的，用内螺纹和该外螺纹同轴连接的后薄套管；延伸于该前、后两同轴薄套管中的，在该两套管包覆的部位分别制有布拉格光栅的光纤；位于该外壳进口处的，用以连接该薄套管中的光纤和外部光纤的光纤接头。装配时该前薄套管内填满环氧树脂，以便把该前薄套管和位于其内部的那段光纤粘固成一体。外壳  
15 可在其内部各部件装配妥当后最后灌制，以便其内表面和前薄套管的粗糙外表面固定连接，彼此间不会产生任何相对活动。

该前薄套管的外壁设有防滑凸纹，该前薄套管通过防滑凸纹与该外壳的内表面相对固定连接。该外壳的最短长度为 150 毫米。该前薄套管中光栅的数目至少为一个。

20

## 附图说明

图 1 是本实用新型测量水泥结构应变的具有温度补偿的布拉格光纤光栅传感器的剖示图，

图 2 是本实用新型测量水泥结构应变的具有温度补偿的布拉格光纤光栅传感器的安装图，  
25

图 3 是本实用新型测量水泥结构应变的具有温度补偿的布拉格光纤光栅传感器的光路图，

图 4 是现有技术无温度补偿的布拉格光纤光栅传感器测出的包含温度影响的机械负载曲线图。

30

## 具体实施方式

参照图 1，为本实用新型测量水泥结构应变、具有温度补偿的布拉格光纤光栅传感器的剖示图。图 1 中的光纤接头 1 是用以连接传感器中带有布拉格光栅的光纤 2 和外部的光纤。在光纤 2 的外面套有一个前薄套管 3 和一个后薄套管 6。上述两个套管 3、6 都是用不锈钢或聚合物材料制的，用前套管 2 尾端的外螺纹和后套管 6 前端的内螺纹同轴地连成一根套管。前套管 3 的厚度要尽可能地薄，因为太厚的话它就起到了一根钢筋的作用，使测量数据不准。前套管 3 的外表面要有适当的粗糙度以便和外壳 9 的内表面很好地咬合，两者之间不能有相对活动，所以图 1 中显示用机械加工的方法在套管 3 的外表面上制出多个不同方向的防滑凸纹 8。在装配时，先把该光纤 2 穿入套管 3 中并伸出一定的长度，再在该套管 3 中灌入环氧树脂，把套管 3 和光纤 2 粘结成一个整体，然后再把后套管 6 套上该伸出的那段光纤 2 并把后套管 6 拧上前套管 3。这样，接头 1、光纤 2、前套管 3 和后套管 6 的组装就完成了。

此时可以用常规的方法在该接头-光纤-套管组合外面模灌水泥或环氧树脂以形成保护性外壳 9。该外壳 9 呈狗骨(哑铃)形，在该狗骨两个大端之间的身部也要制出多个凹凸环以便更好地和混凝土基体同步伸缩。

图 2 是本实用新型测量水泥结构应变的、具有温度补偿的布拉格光纤光栅传感器的安装图。图 2 中显示的传感器 10 是垂直地埋置在混凝土 11 中的，光纤接头与外部光纤 12 连结。这种埋置方式主要用于测量诸如滑坡引起的应变。如需要测量混凝土梁的最危险应变量，当然就要顺着该梁的长度方向水平地埋置在该梁的长度中间的下表面附近。

图 3 是本实用新型测量水泥结构应变的、具有温度补偿的布拉格光纤光栅传感器的光路结构图。在图 3 中示出了在一个传感器的光纤上可以有多个布拉格光栅。图 3 中的 FBG1 表示光纤 2 第一个布拉格光栅，FBG2 表示光纤 2 第二个布拉格光栅，FBGn 表示光纤 2 的第 n 个布拉格光栅。光纤 2 通过光纤接头 1 与外部光纤连结。外部光纤分别与宽频源(LED)13 和光谱分析仪 14 连接，由宽频源(LED)13 发出入射光线至光纤内，而由光谱分析仪 14 接受光纤上各光栅的反射光线进行光谱分析(见图 3 的光路图及曲线图表)。

以最短的传感器(150 毫米)为例进行说明，其上设置两个布拉格光栅，其中一个布拉格光栅位于套管 3 内的光纤上，测量机械负载及温度变化的结

果；另一个布拉格光栅位于套管 6 内的光纤上，测量温度变化的结果。在上面的叙述中我们把套管 3 中的光纤 2 用环氧树脂粘结成一体了，而套管 3 又和外壳 9 灌浇成一体，所以当外壳 9 被周围的混凝土基体带着在机械负载和温度变化的作用下伸缩时，光纤 2 也一起伸缩。但套管 6 中的光纤 2 因为并没有用环氧树脂粘死，所以不会和套管 6 一起伸缩，只会因温度的改变而伸缩。因此，这两个布拉格光栅在变化前、后的光谱记录显然不同，这是因为第一对曲线是反映机械负载和温度变化的合成作用，而第二对曲线只反映温度变化一个因素。因此只要在第一对曲线所显示的结果中减去第二对曲线所显示的结果，就是我们所须要的纯机械负载的应变了。

虽然我们的举例是以最短的传感器（150 毫米）为例，第一个布拉格光栅测机械负载及温度变化的结果，第二个布拉格光栅测温度变化的结果，但在实际使用时不一定非此不可的，尤其当传感器的长度不受限制时可以把传感器做得长些，可以做成第一个光栅测拉应力，第二个光栅也测拉应力，第三个光栅测压应力，第四个光栅测温度应力，等等（见图 3 的光路图及曲线图表）。

图 4 是现有技术无温度补偿的布拉格光纤光栅传感器测出的包含温度影响的机械负载曲线图。由于现有技术的曲线是由机械负载和温度变化联合引起的，所以无法知道单由机械负载引起的应变究竟是多少。

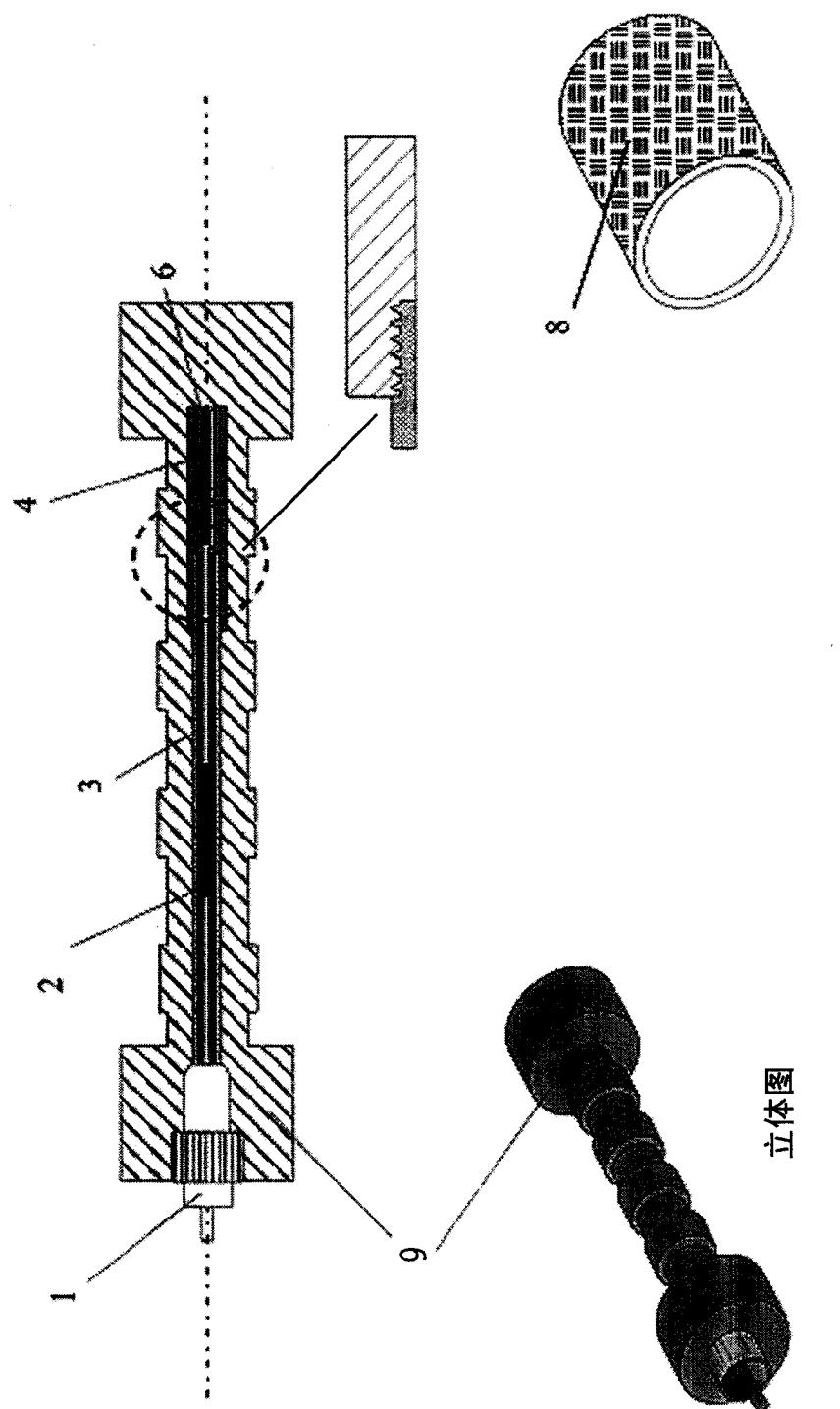


图1

立体图

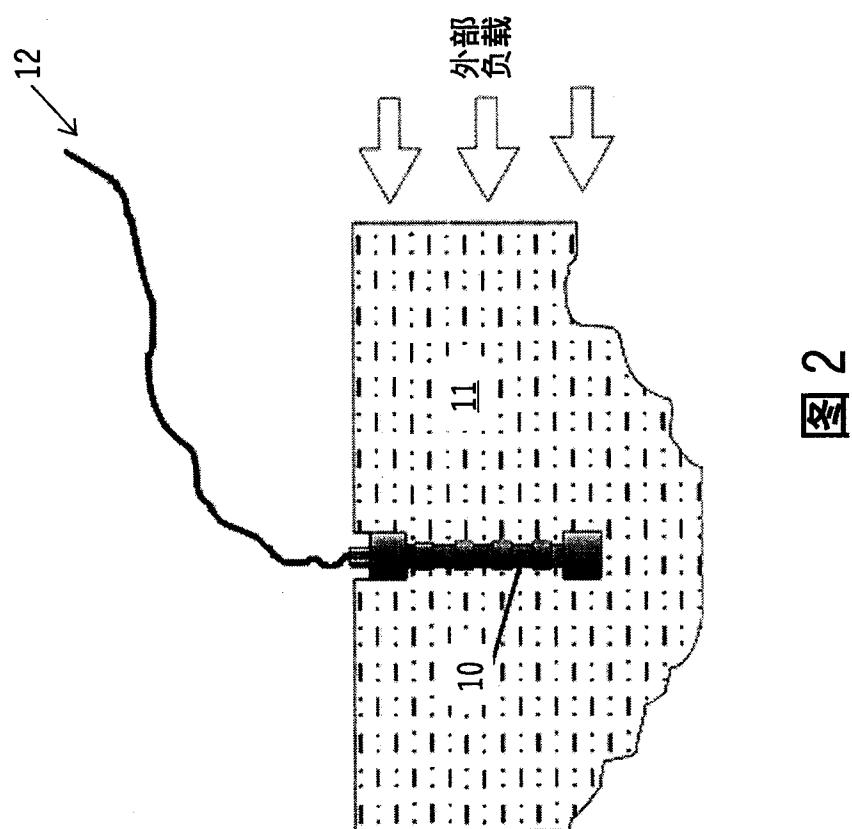


图2

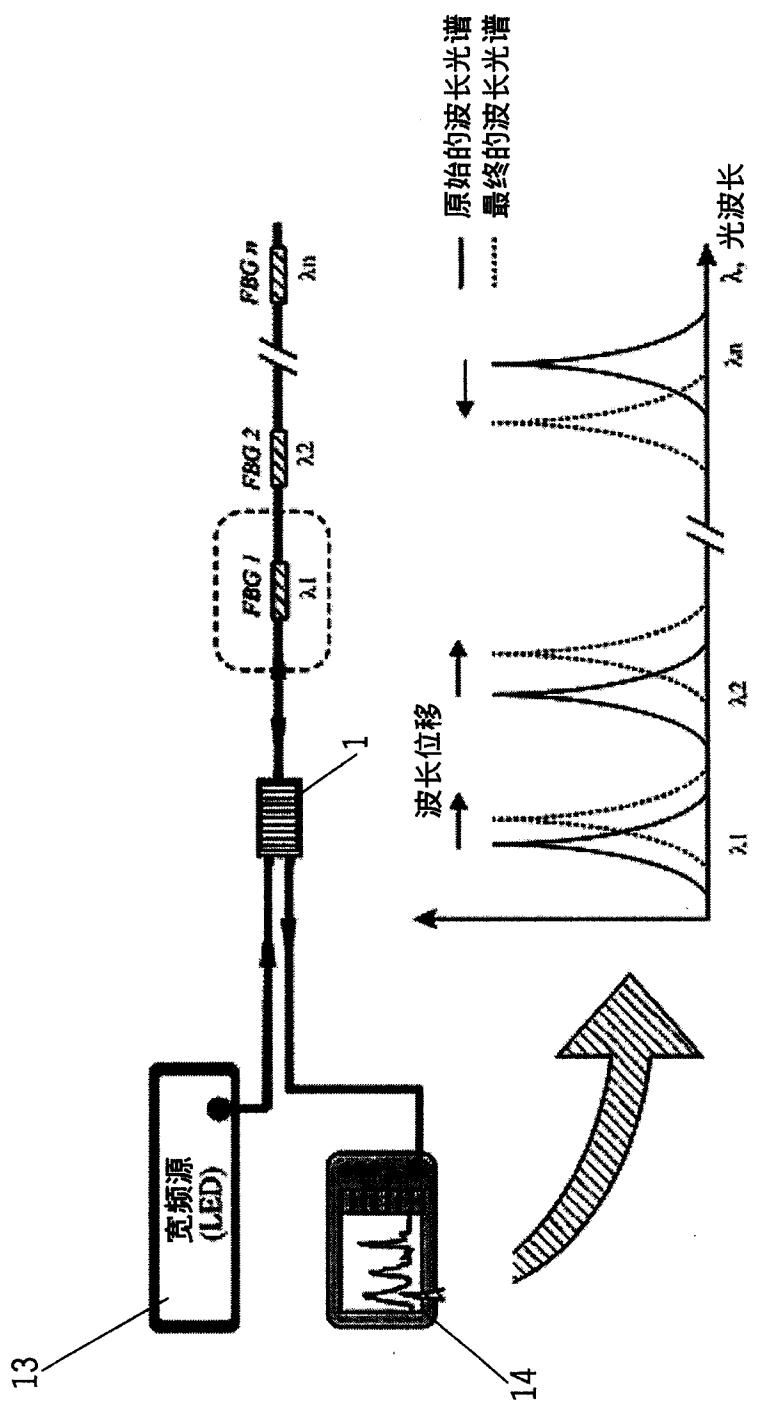


图 3

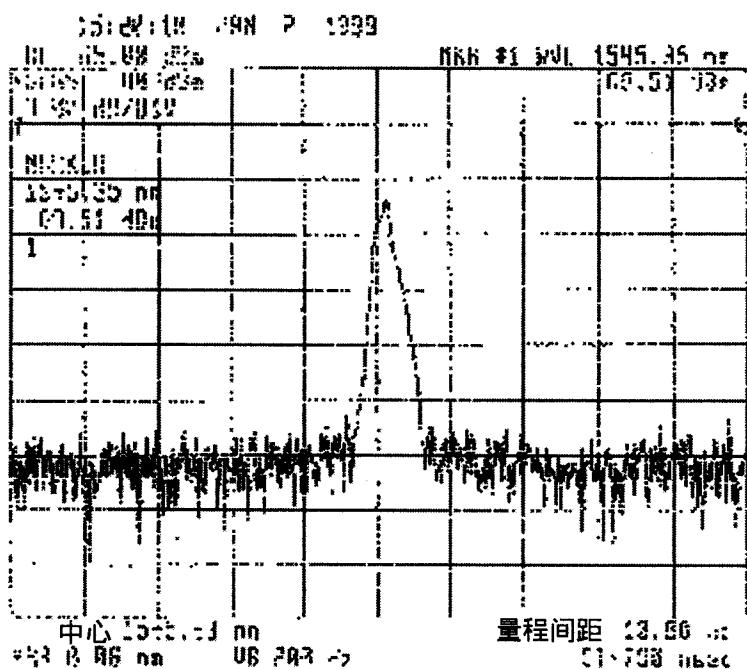


图 4