

证书号第1476089号



发明专利证书

发明名称：温度补偿光纤应变仪

发明人：谭华耀；何兆濠；廖信仪；李镜权；李家润；韩振昌；陈庆强
谭耀明

专利号：ZL 2009 8 0127482.4

专利申请日：2009年07月22日

专利权人：香港理工大学；香港铁路有限公司

授权公告日：2014年09月03日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。本专利的年费应当在每年07月22日前缴纳。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长
申长雨

申长雨





(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102089618 A

(43) 申请公布日 2011.06.08

(21) 申请号 200980127482.4

申请人 香港铁路有限公司

(22) 申请日 2009.07.22

(72) 发明人 谭华耀 何兆鏐 廖信仪 李镜权

李家润 韩振昌 陈庆强 谭耀明

(30) 优先权数据

12/177,830 2008.07.22 US

(74) 专利代理机构 北京金思港知识产权代理有

限公司 11349

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011.01.13

代理人 邵毓琴

(86) PCT申请的申请数据

PCT/CN2009/072865 2009.07.22

(51) Int. Cl.

G01B 11/16(2006.01)

G01D 5/353(2006.01)

G01L 1/24(2006.01)

G01K 11/32(2006.01)

G02B 6/00(2006.01)

(87) PCT申请的公布数据

W02010/009671 EN 2010.01.28

(71) 申请人 香港理工大学

地址 中国香港九龙红磡

权利要求书 3 页 说明书 7 页 附图 7 页

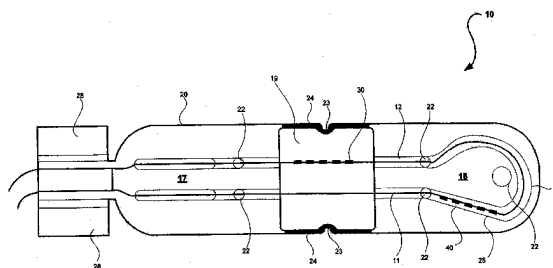
(54) 发明名称

温度补偿光纤应变仪

(57) 摘要

一种用于测量主体结构的应变的温度补偿光纤应变仪 (10), 所述应变仪 (10) 包括: 支座 (20), 其操作地连接到所述主体结构, 所述支座 (20) 具有使得支座 (20) 的第一部分 (17) 与支座 (20) 的第二部分 (18) 分隔开的空隙 (19); 第一光纤布拉格光栅 (FBG) (30), 其记录在光纤 (11) 的芯部内, 用于测量应变和温度, 所述第一 FBG (30) 横过所述空隙 (19) 定位, 所述第一 FBG (30) 的第一端部操作地连接到所述支座 (20) 的第一部分 (17), 所述第一 FBG (30) 的第二端部操作地连接到所述支座 (20) 的第二部分 (18), 所述第一 FBG (30) 的这两个端部被预加载应变的量大于所述第一 FBG (30) 的预定操作范围; 第二光纤布拉格光栅 (FBG) (40), 其记录在光纤 (11) 的芯部内, 用于测量温度, 所述第二 FBG (40) 的温度测量用来消除温度对第一 FBG (30) 的应变测量的影响, 所述第二 FBG (40) 的第一端部操作地连接到所述第一 FBG (30), 所述第二 FBG (40) 的第二端部操作地连接到所述支座 (20), 使得所述第二 FBG (40) 没有应变; 以及能被移除的桥接部分 (24), 其与所述空隙 (19) 相邻, 以将所述支座 (20) 的第一部分 (17) 连接到所述支座 (20) 的

第二部分 (18), 所述桥接部分 (24) 可在所述支座 (20) 操作地连接到所述主体结构之后移除, 其中, 通过检测反射波长是否恢复到第一 FBG (40) 的原始布拉格波长来提供右侧故障验证特征, 从而指示第一 FBG (40) 是否断裂。



1. 一种用于测量主体结构的应变的温度补偿光纤应变仪,所述应变仪包括:

支座,该支座操作地连接到所述主体结构,所述支座具有使得所述支座的第一部分与所述支座的第二部分分隔开的空隙;

第一光纤布拉格光栅,即第一 FBG,该第一光纤布拉格光栅记录在光纤的芯部内,用于测量应变和温度,所述第一 FBG 横过所述空隙定位,所述第一 FBG 的第一端部操作地连接到所述支座的第一部分,所述第一 FBG 的第二端部操作地连接到所述支座的第二部分,所述第一 FBG 的这两个端部被预加载应变的量大于所述第一 FBG 的预定操作范围;

第二光纤布拉格光栅,即第二 FBG,该第二光纤布拉格光栅记录在所述光纤的芯部内,用于测量温度,所述第二 FBG 的温度测量用来消除温度对所述第一 FBG 的应变测量的影响,所述第二 FBG 的第一端部操作地连接到所述第一 FBG,所述第二 FBG 的第二端部操作地连接到所述支座,使得所述第二 FBG 没有应变;以及

能被移除的桥接部分,该桥接部分与所述空隙相邻,以将所述支座的第一部分连接到所述支座的第二部分,所述桥接部分在所述支座操作地连接到所述主体结构之后移除,

其中,通过检测反射波长是否恢复到所述第一 FBG 的原始布拉格波长来提供右侧故障验证特征,从而指示所述第一 FBG 是否断裂。

2. 根据权利要求 1 所述的应变仪,其中,第一桥接部分邻近所述空隙的顶部纵向侧定位,第二桥接部分邻近所述空隙的底部纵向侧定位。

3. 根据权利要求 1 所述的应变仪,其中,通过采用剪切钳从所述支座切割或者通过采用切模冲压,来移除所述桥接部分。

4. 根据权利要求 1 所述的应变仪,其中,所述支座由金属制成。

5. 根据权利要求 4 所述的应变仪,其中,所述金属支座具有上表面和下表面,所述金属支座的下表面通过点焊或者粘接剂例如环氧树脂或者胶连接到所述主体结构。

6. 根据权利要求 5 所述的应变仪,其中,所述金属支座具有多个孔,以将过量的粘接剂从所述金属支座的下表面引导到所述金属支座的上表面,使得保持所述金属支座和所述主体结构之间的紧密接触,以最大化地将应变从所述主体结构传递到所述第一 FBG。

7. 根据权利要求 4 所述的应变仪,其中,所述金属支座的上表面具有凹入焊盘,用于将所述金属支座点焊到所述主体结构。

8. 根据权利要求 7 所述的应变仪,其中,所述金属支座具有通过蚀刻或者机加工所述金属支座形成的四个凹入焊盘。

9. 根据权利要求 1 所述的应变仪,其中,所述光纤是低弯曲损耗光纤,例如满足 ITU G. 657 表 B 的单模式石英光纤。

10. 根据权利要求 1 所述的应变仪,其中,所述第一 FBG 由防水弹性胶例如硅树脂胶覆盖,以保护所述第一 FBG 不受湿气影响,并且缓冲所述第一 FBG 以避免侧向震荡。

10. 根据权利要求 1 所述的应变仪,其中,所述空隙位于所述支座的中间部分。

11. 根据权利要求 1 所述的应变仪,还包括定位在每个桥接部分的中间部分的凹口,用于缓解当能被移除的桥接部分被移除时产生的应力。

12. 根据权利要求 1 所述的应变仪,还包括位于所述支座的端部处的一对可折叠的翼,所述翼被折叠以将光纤覆盖和固定在所述支座的所述端部。

13. 根据权利要求 1 所述的应变仪,其中,所述支座的下表面包括凹入通道,用于容纳

所述光纤和 FBG,使得所述光纤不会突出而超出所述支座的下表面。

14. 根据权利要求 12 所述的应变仪,其中,所述凹入通道具有弯曲部分和窄的笔直部分,所述弯曲部分允许光纤响应于机械应变或者热应变而在所述 FBG 的预定操作范围内自由运动,所述窄的笔直部分确保所述第二 FBG 保持笔直。

15. 根据权利要求 1 所述的应变仪,其中,所述第一 FBG 和所述第二 FBG 定位在所述支座的中间部分,并且定向成基本上相互平行,以减小用于应变仪的光纤的长度。

16. 根据权利要求 1 所述的应变仪,其中,所述第二 FBG 的第二端部连接到所述支座的悬垂部分,从而使该第二端部没有张力。

17. 一种用于测量主体结构的应变的系统,所述系统包括:

支座,该支座操作地连接到所述主体结构,所述支座具有使得所述支座的第一部分与所述支座的第二部分分隔开的空隙;

第一光纤布拉格光栅,即第一 FBG,该第一光纤布拉格光栅记录在光纤的芯部内,用于测量应变和温度,所述第一 FBG 横过所述空隙定位,所述第一 FBG 的第一端部操作地连接到所述支座的第一部分,所述第一 FBG 的第二端部操作地连接到所述支座的第二部分,所述第一 FBG 的这两个端部被预加载应变的量大于所述第一 FBG 的预定操作范围;

第二光纤布拉格光栅,即第二 FBG,该第二光纤布拉格光栅记录在所述光纤的芯部内,用于测量温度,所述第二 FBG 的温度测量用来消除温度对所述第一 FBG 的应变测量的影响,所述第二 FBG 的第一端部操作地连接到所述第一 FBG,所述第二 FBG 的第二端部操作地连接到所述支座,使得所述第二 FBG 没有应变;以及

能被移除的桥接部分,该桥接部分与所述空隙相邻,以将所述支座的第一部分连接到所述支座的第二部分,所述桥接部分在所述支座操作地连接到所述主体结构之后移除,

其中,通过检测反射波长是否恢复到所述第一 FBG 的原始布拉格波长来提供右侧故障验证特征,从而指示所述第一 FBG 是否断裂。

18. 一种用于提供用于温度补偿光纤应变仪的右侧故障验证特征的方法,所述方法包括:

将支座操作地连接到主体结构,所述支座具有将所述支座的第一部分与所述支座的第二部分分离开的空隙;

对连接到所述第一部分和第二部分的第一光纤布拉格光栅,即第一 FBG 的端部施加预应变,其量为大于所述第一 FBG 的预定操作范围;

将第二光纤布拉格光栅,即第二 FBG 操作地连接到所述第一 FBG 和所述支座;以及

在所述支座操作地连接到所述主体结构之后将连接所述第一部分和第二部分的桥接部分移除;

其中,通过检测反射波长是否恢复到所述第一 FBG 的原始布拉格波长来提供右侧故障验证特征,从而指示所述第一 FBG 是否断裂。

19. 一种用于温度补偿光纤应变仪的支座,所述支座包括:

位于支座的中间部分的空隙,用于将所述支座分成第一部分和第二部分;和

能被移除的桥接部分,用于连接所述第一部分和所述第二部分;

其中,在所述支座已经操作地连接到主体结构后,移除所述能被移除的桥接部分。

20. 一种用于测量主体结构的温度的温度传感器,所述温度传感器包括:

支座,该支座操作地连接到所述主体结构;

凹入通道,该凹入通道限定在所述支座的表面上,并具有至少一个笔直部分和至少一个弯曲部分;

记录在光纤的芯部中以测量温度的光纤布拉格光栅,即 FBG,所述 FBG 位于所述凹入通道的笔直部分中,以确保所述 FBG 保持笔直;

其中,所述凹入通道的所述至少一个弯曲部分允许所述光纤进行有限的横向运动。

21. 一种用于温度传感器的支座,所述支座包括:

凹入通道,该凹入通道限定在所述支座的表面上,并具有至少一个笔直部分和至少一个弯曲部分;

其中,记录在光纤的芯部中以测量温度的光纤布拉格光栅,即 FBG 定位在所述凹入通道的笔直部分中,以确保所述 FBG 保持笔直,并且所述凹入通道的所述至少一个弯曲部分允许所述光纤进行有限的横向运动。

温度补偿光纤应变仪

技术领域

[0001] 本发明涉及用于测量主体结构的应变的温度补偿光纤应变仪。

背景技术

[0002] 光纤应变仪通常连接到主体结构,以测量主体结构经受的应变或者振动。主体结构经受的应变或者振动传递到与成型的或者蚀刻的金属支座连接的光纤布拉格光栅(FBG)。FBG是记录在光纤的芯部中的结构。FBG的结构导致特定波长(称为布拉格波长)的光在光纤内反射。该结构的节距(Λ)和有效折射率(n_{eff})以及布拉格波长(表示为 $2n_{\text{eff}}\Lambda$)高度重复地对应变和温度敏感。因此,FBG是优秀的光纤传感器。FBG的应变或者温度以布拉格波长编码,该布拉格波长可采用光学询问器来测量。

[0003] 极度需要一种精确并且可靠的应变仪。

发明内容

[0004] 在第一优选方面中,提供一种用于测量主体结构的应变的温度补偿光纤应变仪,所述应变仪包括:

[0005] 支座,该支座操作地连接到所述主体结构,所述支座具有使得所述支座的第一部分与所述支座的第二部分分隔开的空隙;

[0006] 第一光纤布拉格光栅,即第一FBG,该第一光纤布拉格光栅记录在光纤的芯部内,用于测量应变和温度,所述第一FBG横过所述空隙定位,所述第一FBG的第一端部操作地连接到所述支座的第一部分,所述第一FBG的第二端部操作地连接到所述支座的第二部分,所述第一FBG的这两个端部被预加载应变的量大于所述第一FBG的预定操作范围;

[0007] 第二光纤布拉格光栅,即第二FBG,该第二光纤布拉格光栅记录在所述光纤的芯部内,用于测量温度,所述第二FBG的温度测量用来消除温度对所述第一FBG的应变测量的影响,所述第二FBG的第一端部操作地连接到所述第一FBG,所述第二FBG的第二端部操作地连接到所述支座,使得所述第二FBG没有应变;以及

[0008] 能被移除的桥接部分,该桥接部分与所述空隙相邻,以将所述支座的第一部分连接到所述支座的第二部分,所述桥接部分在所述支座操作地连接到所述主体结构之后移除,

[0009] 其中,通过检测反射波长是否恢复到所述第一FBG的原始布拉格波长来提供右侧故障验证特征,从而指示所述第一FBG是否断裂。

[0010] 第一桥接部分可邻近所述空隙的顶部纵向侧定位,第二桥接部分可邻近所述空隙的底部纵向侧定位。

[0011] 可通过采用剪切钳从所述支座切割或者通过采用切模冲压,来移除所述桥接部分。

[0012] 所述支座可由金属制成。

[0013] 所述金属支座具有上表面和下表面,所述金属支座的下表面可通过点焊或者粘接

剂例如环氧树脂或者胶连接到所述主体结构。

[0014] 所述金属支座可以具有多个孔,以将过量的粘接剂从所述金属支座的下表面引导到所述金属支座的上表面,使得保持所述金属支座和所述主体结构之间的紧密接触,以最大化地将应变从所述主体结构传递到所述第一 FBG。

[0015] 所述金属支座的上表面可以具有凹入焊盘,用于将所述金属支座点焊到所述主体结构。

[0016] 所述金属支座可以具有通过蚀刻或者机加工所述金属支座形成的四个凹入焊盘。

[0017] 所述光纤可以是低弯曲损耗光纤,例如满足 ITU G. 657 表 B 的单模式石英光纤。

[0018] 所述第一 FBG 可由防水弹性胶例如硅树脂胶覆盖,以保护所述第一 FBG 不受湿气影响,并且缓冲第一 FBG 以避免侧向震荡。

[0019] 所述空隙可以定位在所述支座的中间部分。

[0020] 所述应变仪还可包括定位在每个桥接部分的中间部分的凹口,用于缓解当可移除的桥接部分被移除时产生的应力。

[0021] 所述应变仪还可包括位于所述支座的端部处的一对可折叠的翼,所述翼被折叠以将光纤覆盖和固定在所述支座的所述端部。

[0022] 所述支座的下表面可包括凹入通道,用于容纳所述光纤和 FBG,使得所述光纤不会突出来而超出所述支座的下表面。

[0023] 所述凹入通道可具有弯曲部分和窄的笔直部分,所述弯曲部分允许光纤响应于机械应变或者热应变而在所述 FBG 的预定操作范围内自由运动,所述窄的笔直部分确保所述第二 FBG 保持笔直。

[0024] 所述第一 FBG 和所述第二 FBG 可以定位在所述支座的中间部分,并且定向成基本上相互平行,以减小用于应变仪的光纤的长度。

[0025] 所述第二 FBG 的第二端部可连接到所述支座的悬垂部分,从而使该第二端部没有张力。

[0026] 在第二方面中,提供一种用于测量主体结构的应变的系统,所述系统包括:

[0027] 支座,该支座操作地连接到所述主体结构,所述支座具有使得所述支座的第一部分与所述支座的第二部分分隔开的空隙;

[0028] 第一光纤布拉格光栅,即第一 FBG,该第一光纤布拉格光栅记录在光纤的芯部内,用于测量应变和温度,所述第一 FBG 横过所述空隙定位,所述第一 FBG 的第一端部操作地连接到所述支座的第一部分,所述第一 FBG 的第二端部操作地连接到所述支座的第二部分,所述第一 FBG 的这两个端部被预加载应变的量大于所述第一 FBG 的预定操作范围;

[0029] 第二光纤布拉格光栅,即第二 FBG,该第二光纤布拉格光栅记录在所述光纤的芯部内,用于测量温度,所述第二 FBG 的温度测量用来消除温度对所述第一 FBG 的应变测量的影响,所述第二 FBG 的第一端部操作地连接到所述第一 FBG,所述第二 FBG 的第二端部操作地连接到所述支座,使得所述第二 FBG 没有应变;以及

[0030] 能被移除的桥接部分,该桥接部分与所述空隙相邻,以将所述支座的第一部分连接到所述支座的第二部分,所述桥接部分在所述支座操作地连接到所述主体结构之后移除,

[0031] 其中,通过检测反射波长是否恢复到所述第一 FBG 的原始布拉格波长来提供右侧

故障验证特征,从而指示所述第一 FBG 是否断裂。

[0032] 在第三方面中,提供了一种用于提供用于温度补偿光纤应变仪的右侧故障验证特征的方法,所述方法包括:

[0033] 将支座操作地连接到主体结构,所述支座具有将所述支座的第一部分与所述支座的第二部分分离开的空隙;

[0034] 对连接到所述第一部分和第二部分的第一光纤布拉格光栅,即第一 FBG 的端部施加预应变,其量为大于所述第一 FBG 的预定操作范围;

[0035] 将第二光纤布拉格光栅,即第二 FBG 操作地连接到所述第一 FBG 和所述支座;以及

[0036] 在所述支座操作地连接到所述主体结构之后将连接所述第一部分和第二部分的桥接部分移除;

[0037] 其中,通过检测反射波长是否恢复到所述第一 FBG 的原始布拉格波长来提供右侧故障验证特征,从而指示所述第一 FBG 是否断裂。

[0038] 在第四方面中,提供了一种用于温度补偿光纤应变仪的支座,所述支座包括:

[0039] 位于支座的中间部分的空隙,用于将所述支座分成第一部分和第二部分;和

[0040] 能被移除的桥接部分,用于连接所述第一部分和所述第二部分;

[0041] 其中,在所述支座已经操作地连接到主体结构后,移除所述能被移除的桥接部分。

[0042] 在第五方面中,提供了一种用于测量主体结构的温度的温度传感器,所述温度传感器包括:

[0043] 支座,该支座操作地连接到所述主体结构;

[0044] 凹入通道,该凹入通道限定在所述支座的表面上,并具有至少一个笔直部分和至少一个弯曲部分;

[0045] 记录在光纤的芯部中以测量温度的光纤布拉格光栅,即 FBG,所述 FBG 位于所述凹入通道的笔直部分中,以确保所述 FBG 保持笔直;

[0046] 其中,所述凹入通道的所述至少一个弯曲部分允许所述光纤进行有限的横向运动。

[0047] 在第六方面中,提供了一种用于温度传感器的支座,所述支座包括:

[0048] 凹入通道,该凹入通道限定在所述支座的表面上,并具有至少一个笔直部分和至少一个弯曲部分;

[0049] 其中,记录在光纤的芯部中以测量温度的光纤布拉格光栅,即 FBG 定位在所述凹入通道的笔直部分中,以确保所述 FBG 保持笔直,并且所述凹入通道的所述至少一个弯曲部分允许所述光纤进行有限的横向运动。

附图说明

[0050] 下面将参照附图对本发明的示例进行描述,在附图中:

[0051] 图 1 是根据本发明的第一实施方式的在安装之前的光纤应变仪的俯视图;

[0052] 图 2 是在安装之前的图 1 所示的应变仪的仰视图;

[0053] 图 3 是在安装之后的图 1 所示的应变仪的俯视图;

[0054] 图 4 是根据本发明的第二实施方式的在安装之前的应变仪的俯视图;

[0055] 图 5 是在安装之前的图 4 所示的应变仪的仰视图;

[0056] 图 6 是在安装之后的图 4 所示的应变仪的俯视图 ; 以及

[0057] 图 7 是根据本发明的第三实施方式的温度传感器的俯视图。

具体实施方式

[0058] 参照图 1 至图 3, 提供了用于测量主体结构 5 的应变的温度补偿光纤应变仪 10。主体结构 5 可以是但不限于 I 型梁或者铁路轨道。应变仪 10 总体上包括 : 支座 20、第一光纤布拉格光栅 (FBG) 30、第二光纤布拉格光栅 (FBG) 40 和可拆卸的桥接部分 24。第一光纤布拉格光栅 30 和第二光纤布拉格光栅 40 可以再涂覆有薄层的保护涂层, 例如聚酰亚胺。支座 20 由金属制成, 并且在应变仪 10 的安装期间可操作地连接至主体结构 5。支座 20 具有空隙 19, 该空隙 19 将支座 20 的第一部分 17 与支座 20 的第二部分 18 分开。空隙 19 位于支座 20 的中间部分。第一 FBG 30 记录在光纤 11 的芯部中, 以测量主体结构 5 经受的应变和温度。优选地, 光纤 11 是低弯曲损耗光纤, 例如满足 ITUG. 657 表 B 的单模石英光纤。第一 FBG30 横过空隙 19 定位。第一 FBG30 的一端可操作地连接到支座 20 的第一部分 17。第一 FBG 30 的另一端可操作地连接到支座 20 的第二部分 18。第一 FBG 30 的两个端部被施加量 (大小) 大于第一 FBG 30 的预定操作范围的预应变, 这使得能够提供右侧故障验证特征。第二 FBG 40 也记录在光纤 11 的芯部中, 以测量温度。第二 FBG40 的温度测量是用来消除温度对第一 FBG 30 的应变测量的影响。第二 FBG40 的一端可操作地连接到第一 FBG 30。第二 FBG 40 的另一端可操作地连接到支座, 使得第二 FBG 40 没有应变。桥接部分 24 与空隙 19 相邻定位。桥接部分 24 将支座 20 的第一部分 17 连接到第二部分 18 上。在安装应变仪 10 期间将支座 20 可操作地连接到主体结构 5 上之后移除桥接部分 24。通过检测反射波长是否恢复到第一 FBG 30 的原始布拉格波长来提供右侧故障验证特征, 以指示第一 FBG 30 是否断裂。

[0059] 存在两个桥接部分 24。桥接部分 24 邻接空隙 19 的顶部和底部纵向侧。通过采用剪切钳从支座 20 上切除桥接部分 24, 或者通过采用切模将支座 0 从支座 20 中冲出, 从而移除桥接部分 24。在每个桥接部分 24 的中间, 提供凹口 23。凹口 23 缓解了桥接部分 24 移除期间建立的应力。

[0060] 支座 20 具有上表面和下表面。支座 20 的下表面通过点焊、钎焊或者例如环氧树脂或者胶之类的粘接剂连接到主体结构 5。支座 20 具有多个孔 22, 以将过量的粘合剂从支座 20 的下表面引到支座 20 的上表面。这确保了保持支座 20 和主体结构 5 之间的紧密接触, 以最大化将应变从主体结构 5 传递到第一 FBG 30, 以用于测量。支座 20 的上表面具有四个凹入的焊盘 21, 用于将支座 20 点焊到主体结构 5。凹入的焊盘 21 通过蚀刻或者机加工支座 20 而形成。一对可折叠的翼 28 设置在支座 20 的缆线端。翼 28 可被折叠以在安装期间将光纤 11 覆盖和固定在支座 20 的缆线端。支座 20 的下表面包括凹入通道 12。凹入通道 12 容纳光纤 11 和 FBG 30、40。这确保了光纤 11 保持在凹入通道 12 中, 并且不会突出高于支座 20 的下表面。凹入通道 12 具有弯曲部分 26 和窄的笔直部分 25。弯曲部分 26 允许光纤 11 响应于机械应变或者热应变而在 FBG 30、40 的预定操作范围内自由移动。窄的笔直部分 25 确保第二 FBG 40 保持笔直。

[0061] 第一 FBG 30 通过防水弹性胶例如硅树脂胶覆盖, 以保护第一 FBG 30 不会吸潮。胶也缓冲了第一 FBG 30, 以避免侧向振荡。

[0062] 参见图 4 至图 6, 在另一实施方式中, 提供第二应变仪 100。第二应变仪 100 与上述第一应变仪 10 不同, 因为第一 FBG 30 和第二 FBG 40 位于支座 20 的中间部分。第一 FBG 30 和第二 FBG 40 定向成基本上彼此平行, 以减小应变仪 10 所需的光纤 11 的长度。这使得能够提供更短的光纤应变仪 100。第二 FBG 40 的第二端连接到支座 20 的悬垂部分, 使得其不受张力。第二 FBG 40 保持笔直, 但通过支座 20 的悬垂部分 45 保持不受张力。在支座 20 的下侧上也存在凹入通道 12, 以容纳和保护第一 FBG 30、第二 FBG 40 和光纤 11。

[0063] 当第一 FBG 30 连接到金属支座上时对第一 FBG 30 是施加预应变的原因是当应变仪 10 经受负应变或者应力时, 其防止第一 FBG 30 松垂。对第一 FBG 30 施加的预应变的量必须远大于传感器的正常操作范围。例如, 如果 FBG 的操作范围是 ± 1000 微应变, 则第一 FBG 30 必须被赋予大于 +1000 微应变的预应变。第一 FBG 30 通过支座 20 中的弯曲通道连接到第二 FBG 40。这种连接布置允许第一 FBG 30 仅在一端连接, 因此简化了安装过程。将光纤 11 的两端连接在同一侧上允许第一 FBG 30 用于小转弯处或者小的区域。第二 FBG 40 仅在一端连接到支座 20。第二 FBG 40 的另一端没有连接到支座。这种连接布置使得第二 FBG 40 不受任何机械应变, 并且仅对温度变化作出响应。第一 FBG 30 和第二 FBG 40 彼此紧密相邻, 因此认为经受相同的温度。从第二 FBG 40 知道温度, 可以消除器对由第一 FBG 30 获得的应变 / 振动测量的影响。通过比较从第一 FBG 30 到第二 FBG 40 的测量, 应变仪 10 用作温度补偿应变仪或者温度补偿振动传感器。

[0064] 应变或者应力的变化改变从第一 FBG 30 反射的光的波长的中心。温度的变化改变从第一 FBG 30 和第二 FBG 40 反射的光的波长的中心。应变和温度直接影响折射率调制的周期 (Λ) 和有效折射率 (n)。因此, 应变和温度的任何变化直接影响布拉格波长。

[0065] 支座 20 由成型金属制成, 并且在支座 20 的下侧上蚀刻或者机加工有凹入通道 12。凹入通道 12 容纳光纤 11 和第一 FBG 30、第二 FBG 40。这使光纤 11 能够在支座 20 的下侧的表面下方保持在凹入通道 12 中。特别地, 凹入通道 12 的弯曲部分 26 允许光纤 11 在第二 FBG 40 的指定操作范围内自由移动, 使得支座 0 的机械应变和热应变不会传递到第二 FBG 40。凹入通道 12 的笔直部分 25 是窄且笔直的, 以保持第二 FBG 40 笔直。

[0066] 支座 20 的上侧蚀刻或者机加工有凹入焊盘 21。在安装期间, 使支座 20 的具有光纤 11 的下侧面向主体结构 5。应变仪 10 通过在凹入焊盘 21 的位置进行电焊而焊接到主体结构 5。替代地, 使用环氧树脂胶将应变仪 10 粘接到主体结构 5 上。支座 20 上的通孔 22 将过量的环氧树脂从下侧引导到上侧, 以便保持环氧树脂层均匀并且尽可能薄。这使得能够保持应变仪 10 和主体结构 5 之间的紧密接触, 并且最大化从主体结构 5 到应变仪 10 的应变传递。

[0067] 在支座 20 的缆线端, 存在两个可折叠的翼 28。这两个翼 28 在支座 20 的上侧上折叠在光纤 11 上。这将光纤 11 固定到支座 20 上。在支座 20 的中间部分, 具有两个桥接部 24, 这些桥接部防止金属支座 20 变形。在应变仪 10 牢固连接到主体结构 5 上之后, 两个桥接部 24 被移除, 使得第一 FBG 30 的中间部分仅被主体结构 5 支撑, 而不被支座 20 支撑。桥接部 24 的移除可以通过切除桥接部 24 来进行。

[0068] 通过应变仪 10 提供右侧故障验证特征。这对于安全至上的应用例如铁路是非常重要的。如果应变仪 10 从主体结构 5 意外分离, 例如, 第一 FBG 30 断裂或者观察到非同寻常大的应变变化, 则大的应变变化使得发射波长回到第一 FBG 30 的未施加预应变或者不

允许的波长。该不允许的波长是第一 FBG 30 在连接到支座 20 之前的原始的布拉格波长。第一 FBG 30 的布拉格波长在第一 FBG 30 连接到支座上之后变成更长的波长,并且在操作期间不会回到其原始值。第一 FBG 30 的布拉格波长仅仅在第一 FBG 30 未受任何张力的情况下会回到其原始波长。这种情况的检测可以得出,第一 FBG 30 断裂,或者光纤应变仪完全或者部分从主体结构 5 分离。这种情况的检测是可以实现的,因为第一 FBG 30 被赋予预应变,其量大于第一 FBG 30 的操作测量范围。在安装之后当桥接部 24 被移除或切除时,当金属支座 20 的一侧或者两侧从主体结构 5 分离时,第一 FBG 30 将断裂或者失去张力。分离或者损坏的应变仪 10 是可以检测到的。

[0069] 在移除桥接部 24 之后,第一 FBG 30 和回复光纤 11 被防水弹性胶覆盖。例如,可以采用硅树脂胶。胶保护第一 FBG 30 和第二 FBG 40 免受水分并且缓冲张紧的 FBG30、40 以避免任何侧向振荡。

[0070] 应变仪 10 可以用来测量结构的应变和应力或者振动。当安装应变仪 10 的环境不适于传统的电应变仪时该应变仪 10 是特别有用的。这些环境包括光电磁辐射场,例如马达和电力传送线/塔、具有点燃危险的可燃气体/液体,或者存在腐蚀性物质。更重要的是,应变仪 10 提供右侧故障验证特征以允许该应变仪用于必须有故障保护的应用中。换句话说,无功能的应变仪 10 必须前瞻性地将自身识别为不起作用。例如,这些应用包括需要符合安全等级为四级标准的铁路应用。

[0071] 与传统电应变仪相比,应变仪 10、100 具有如下四个优点:抗 EMI 干扰、长感测距离、简单的传感器构造、和没有引燃风险。仅仅光学信号在光纤应变仪内传送,而光学信号不受电磁干扰 (EMI) 影响。通过使用低损耗通信级单模式石英光纤来连接和制作光纤应变仪,从而实现长感测距离。沿着单个光纤可以串联几十个甚至几百个光纤应变仪。相反,每个电应变仪必须与至少一对电缆联用。因此,光纤应变仪的网络拓扑和安装优于电应变仪。光纤应变仪仅仅承载光学信号,该信号没有引弧和导致起火的风险。当安装场所有爆炸或者起火危险,例如化工厂和油井时,该特征尤其重要。

[0072] 应变仪 10 提供在其他现有光纤应变仪中没有发现的几个重要特征。通过在应变仪组件内使用低弯曲损耗光纤,光线的导入和输出都可以从光纤组件的一侧进行。该特征使得应变仪 10 能够用于空间有限的位置(例如,小的角落或者死角),在这些位置安装回流线缆是困难的或者不可能的。

[0073] 通过组装与感测应变的第一 FBG 30 位于相同组件内的测量温度的第二 FBG 40,整个应变仪 10 可用作温度补偿光纤应变仪。

[0074] 应变仪 10 的右侧故障特征使得其能够用于安全至关重要的应用。如果没有右侧故障验证特征,未被注意的传感器失效可能导致严重的问题甚至危及生命。

[0075] 在环境因素例如风和振动很明显的一些应用中,结合低弯曲损耗的 G657 表 B 的光纤实现了光学功率水平和应变信号稳定。火车和铁轨、汽车、飞机和桥梁属于这些应用。

[0076] 低弯曲损耗连接的光纤/电缆更不易于受不希望的振动的影响。可用于第一 FBG 30 和第二 FBG 40 的低弯曲损耗光纤/电缆可用于将一系列光纤应变仪 10 低连接损耗地连接在一起。低弯曲损耗光纤更不易于受外部扰动例如振动的影响。该特征在其中应变仪 10 安装在移动物体中的一些应用中是关键,例如火车,其中过度的振动或者温度变化可能引起连接光纤/电缆发生一些小弯曲,导致偶然的大的光学损耗,使得光信号太小而不

能被系统读取。

[0077] 使用弹性胶来缓解第一 FBG 30 的侧向振动也是重要的特征,因为该振动会引入不希望的波长变化,该变化会损害应变仪 10 的应变或者纵向振动测量。

[0078] 消除了支座 20 对第一 FBG 30 和第二 FBG 40 的影响。应变仪 10 的设计消除了应变测量期间支座 20 对第一 FBG 30 和第二 FBG 40 的影响。应变仪 10 的两个桥接部 24 的切除防止了支座 20 上的温度效应传递到第一 FBG30 和第二 FBG 40。同时,该设计也消除了环氧树脂 / 胶 (如果使用) 在温度测量时的影响。

[0079] 支座 20 的热膨胀没有传递到第二 FBG 40,因此显著更少的光谱需要分配给第二 FBG 40 用于在给定的温度范围进行温度测量。例如,FBG 的温度系数通常是大约 $10\text{pm}/^{\circ}\text{C}$,传统包装的 FBG 的温度系数为大约 $30\text{--}40\text{pm}/^{\circ}\text{C}$ 。因此,采用应变仪 10,FBG 询问器可处理沿着单个光纤的多 3-4 倍的 FBG 温度传感器。

[0080] 与传统的 FBG 安装方法相反,应变仪 10 不需要第一 FBG 30 和第二 FBG40 的整个长度用环氧树脂胶合或者胶接到主体结构 5 上。这消除了安装期间的 FBG 30、40 的光谱扩展。这可能由多个因素导致,包括:结构 5 的表面不均匀性以及引入测量误差。这也简化了安装过程,因为应变仪 10 不需要高度抛光的表面来安装。

[0081] 参照图 7,提供了用于测量主体结构的温度的温度传感器 200。类似于之前的实施方式,温度传感器 200 包括可操作地连接到主体结构上的支座 20 和限定在支座 20 的表面上的凹入通道 12。凹入通道 12 具有至少一个笔直部分 25,用于放置光纤布拉格光栅 (FBG) 40,用于测量温度。笔直部分 25 确保了 FBG 40 保持笔直。凹入通道 12 还具有若干弯曲部分 26,弯曲部分 26 允许光纤 11 进行有限的横向运动。弯曲部分 26 的宽度大于笔直部分,使得当使用温度传感器 200 时具有更大的空间来容纳光纤 11 的运动。

[0082] 本领域技术人员应当理解,可以对具体实施方式部分所示的本发明进行各种变化和 / 或改进,而不背离广泛描述的本发明的精神或者范围。因此,这些实施方式只是示例性的,不是限制性的。

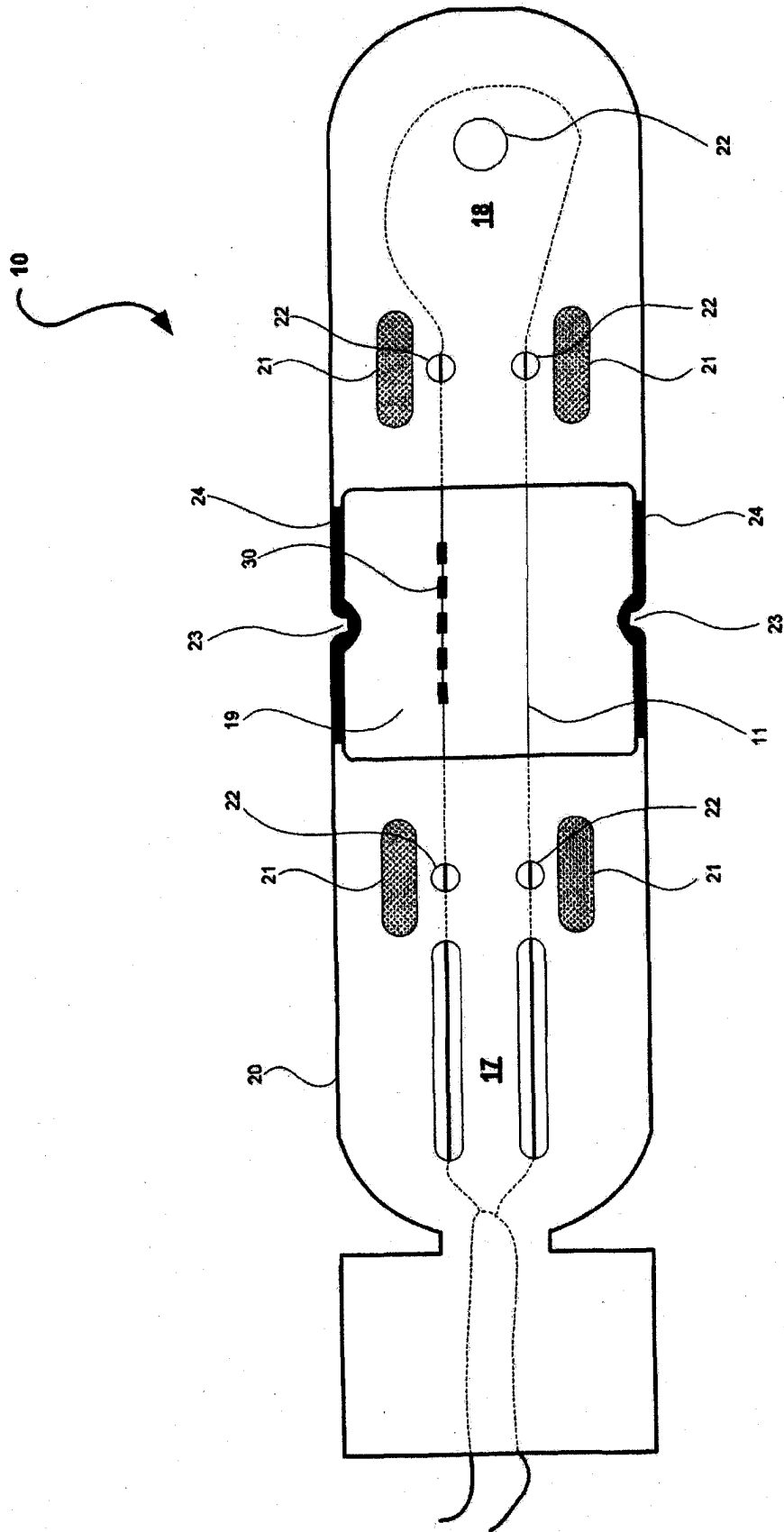


图 1

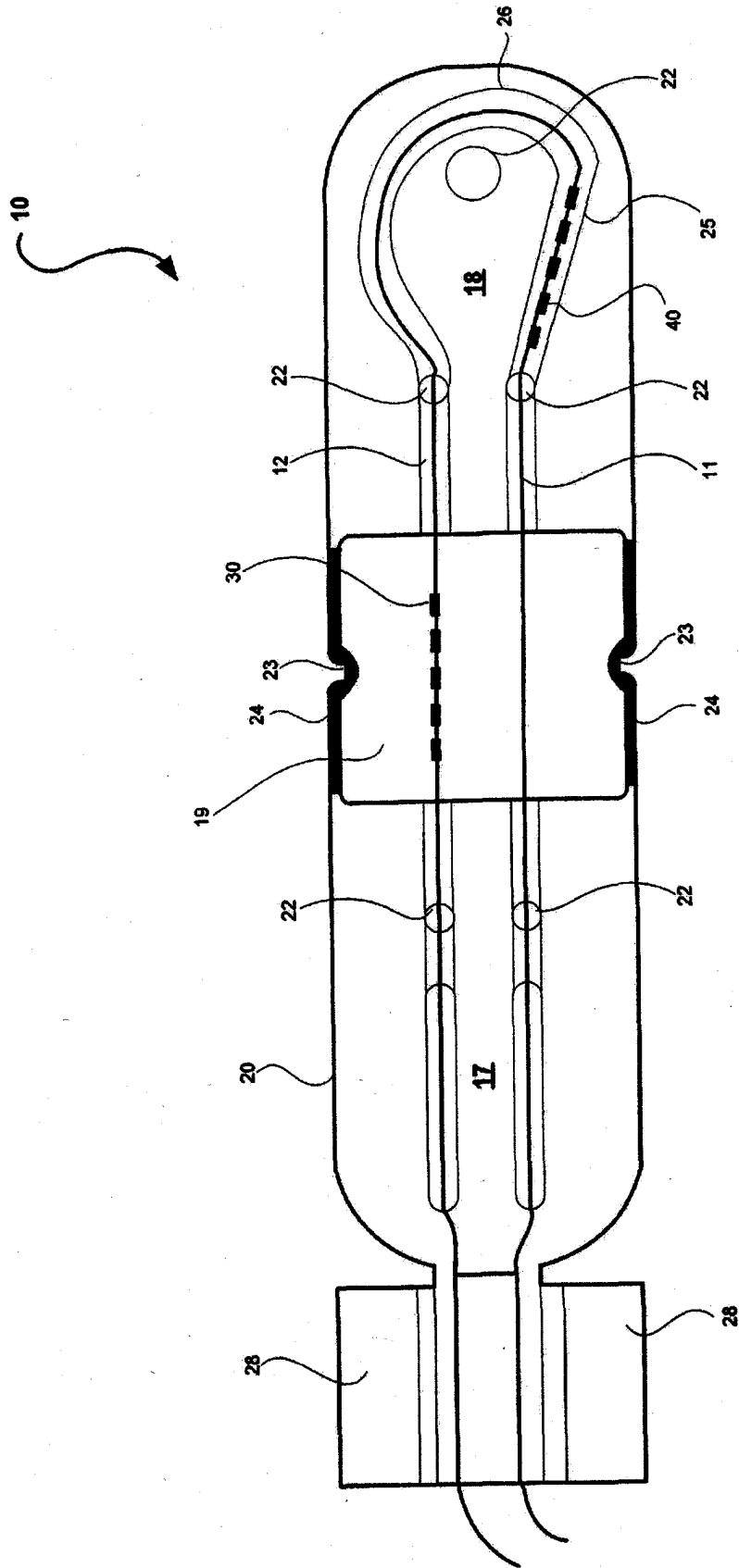


图 2

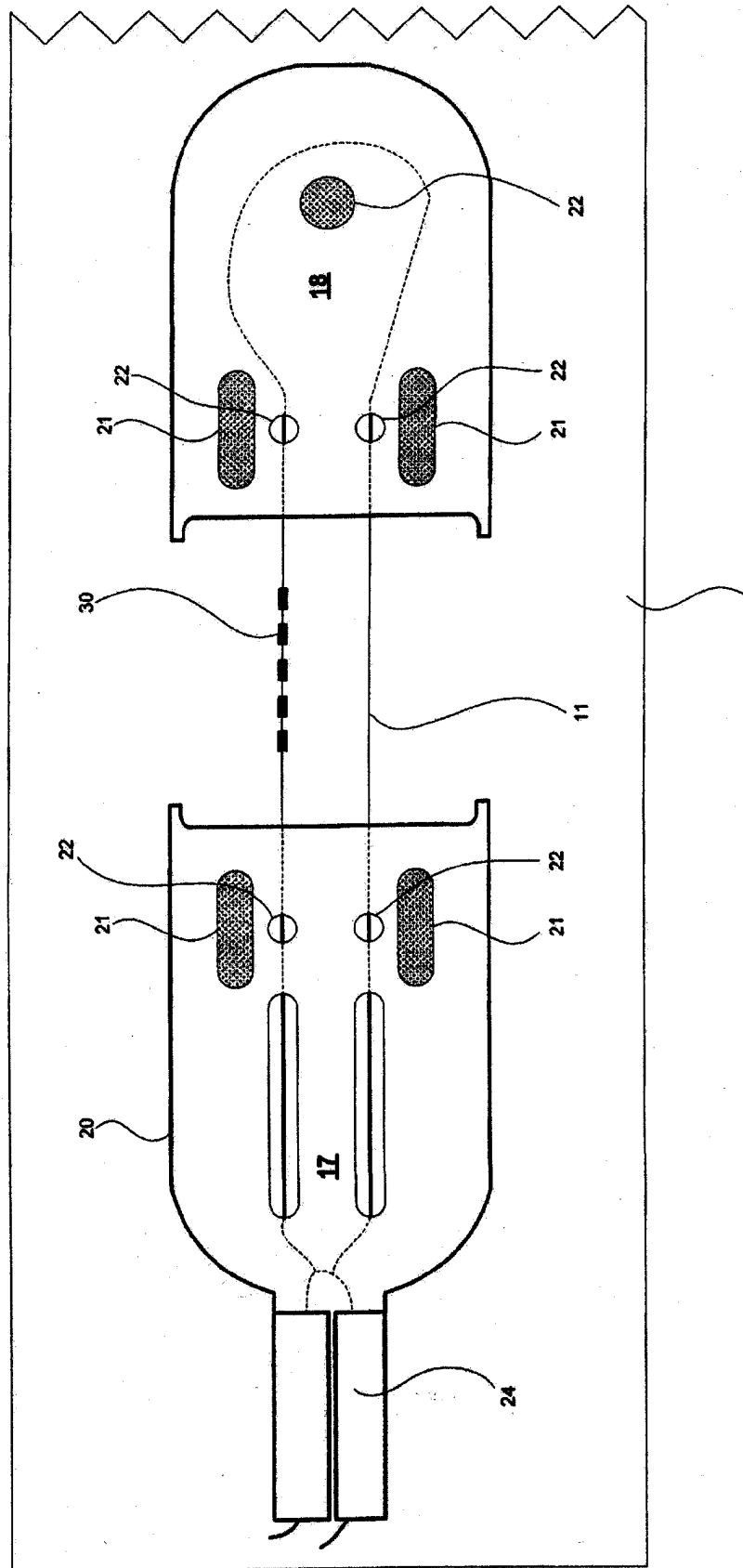


图 3

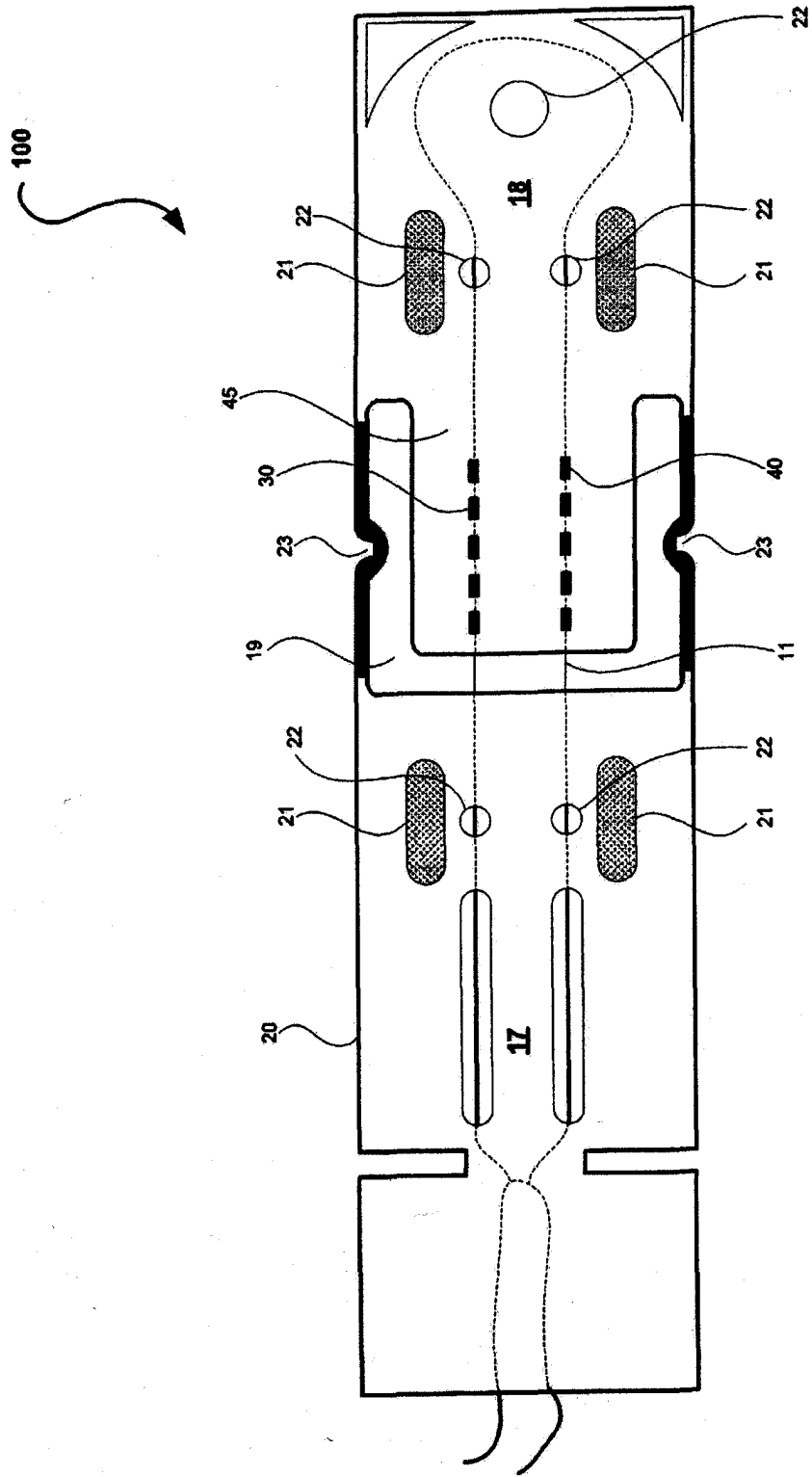


图 4

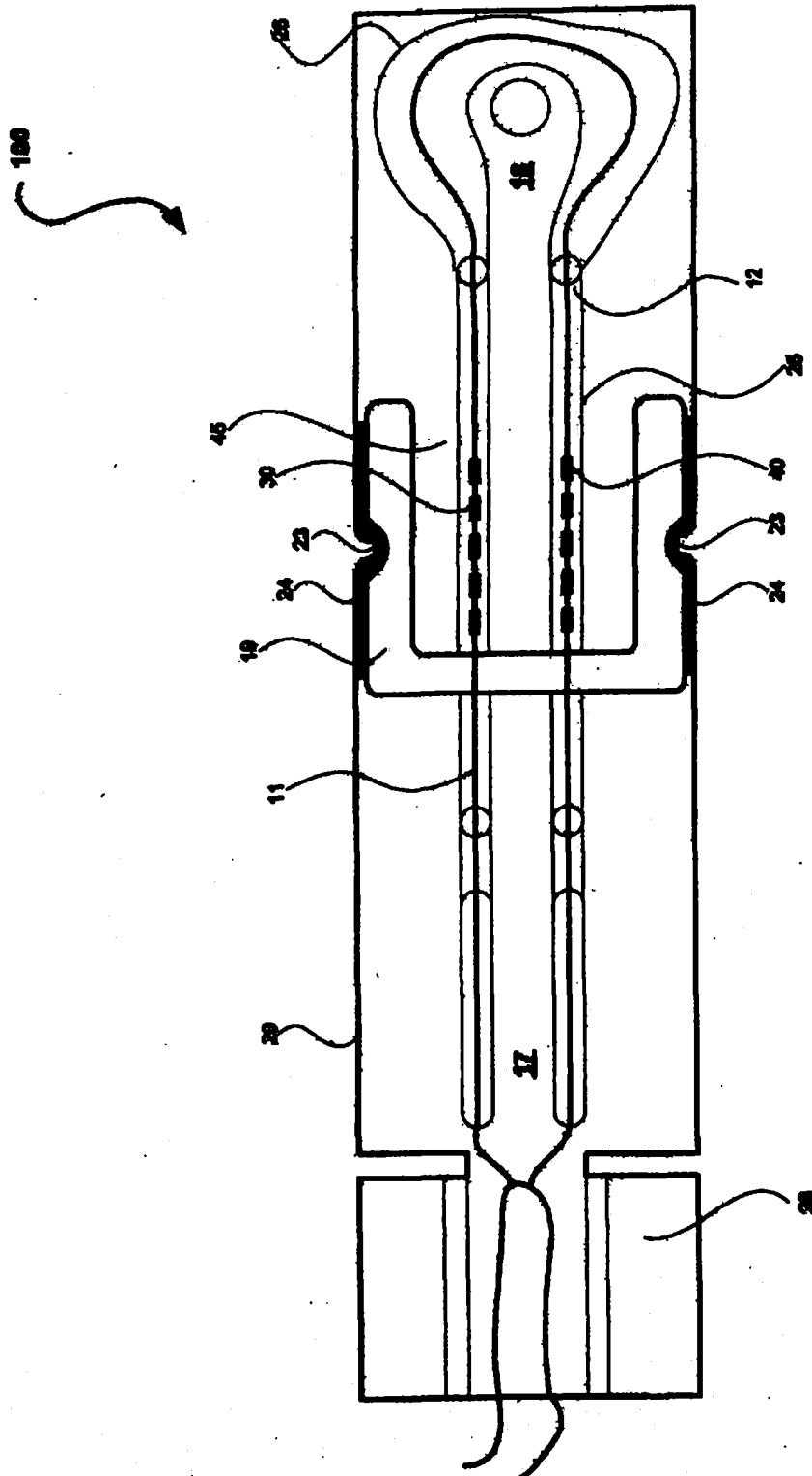


图 5

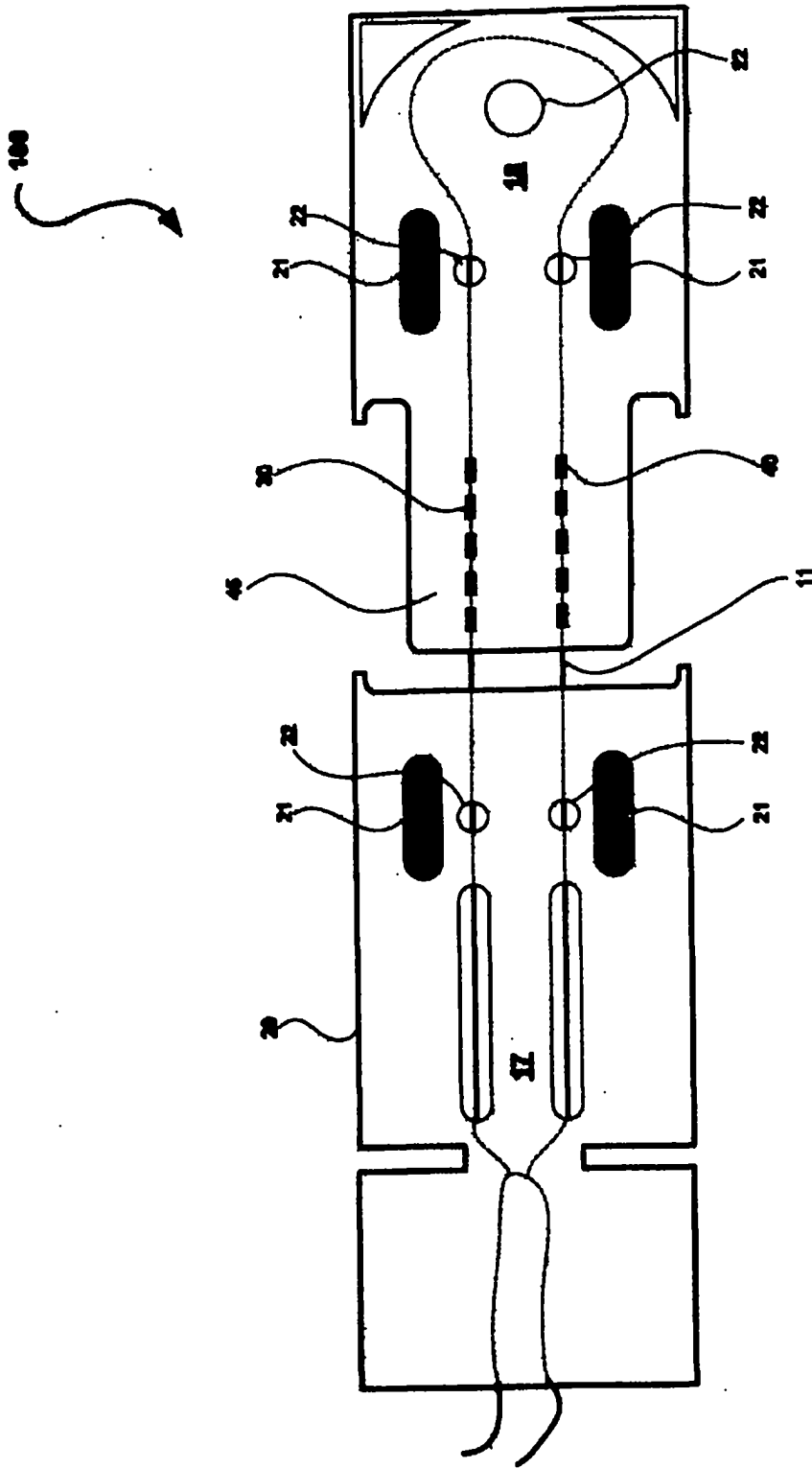


图6

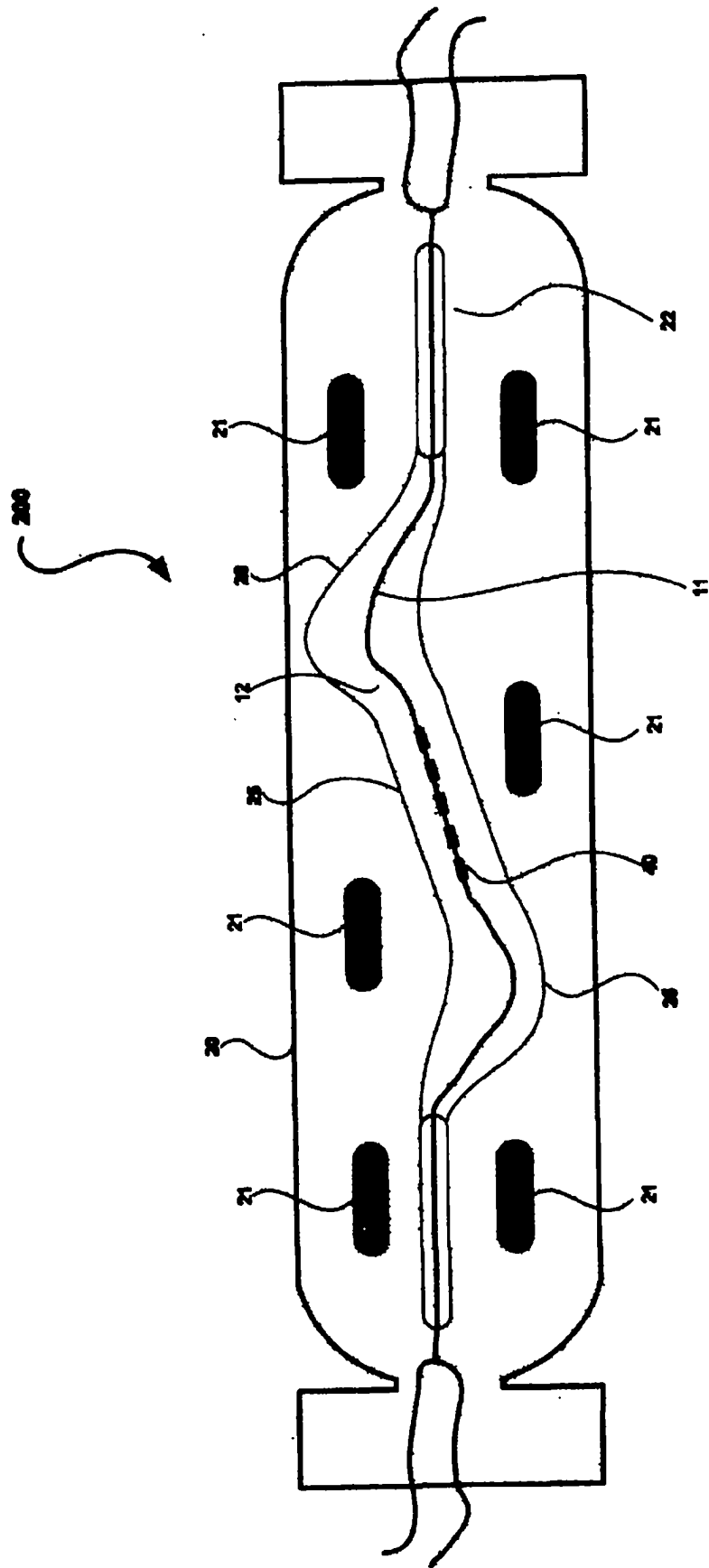


图 7