(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2019 年 1 月 17 日 (17.01.2019)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2019/010830 A1

(51) 国际专利分类号:
G01D 5/00 (2006.01) *G01K 11/32* (2006.01)
G01B 7/16 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2017/103874

(22) 国际申请日: 2017 年 9 月 28 日 (28.09.2017)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201710575178.2 2017年7月14日 (14.07.2017) CN

(71) 申请人:山东大学(SHANDONG UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国山东省济南市历下区经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。 中国科学院长春应用化学研究所(CHANGCHUN INSTITUTE OF APPLIED CHEMISTRY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) [CN/CN]; 中国吉林省长春市朝阳区人民大街5625号, Jilin 130022 (CN)。 吉林科尔物流涂装设备有限公司(JILIN CORE LOGISTICS AND COATING EQUIPMENT CO., LTD.) [CN/CN]; 中国吉林省长春市高新区软件路三街, Jilin 130012 (CN)。 山东格蓝云天环境科技有限公司(SHANDONG GELNNT ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN]; 中国山东省德州市经济技术开发区宋官屯街道办事处晶华路587号, Shandong 253072 (CN)。

(72) 发明人:贾玉玺(JIA, Yuxi); 中国山东省济南市历下区经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。 高琳琳(GAO, Linlin); 中国山东省济南市历下区经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。 安立佳(AN, Lijia); 中国吉林省长春市朝阳区人民大街5625号, Jilin 130022 (CN)。 姚卫国(YAO, Weiguo); 中国吉林省长春市高新区软件路三街, Jilin 130012 (CN)。 万国顺(WAN, Guoshun); 中国山东省济南市历下区经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。 叶慧(YE, Hui); 中国山东省济南市历下区经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。 张雷

(54) **Title:** FIBER GRATING SENSOR INSERT FOR SMART PLASTIC PIPE, AND IMPLANTATION SYSTEM AND METHOD

(54) 发明名称: 智能化塑料管道的光纤光栅传感器嵌件、植入系统及方法

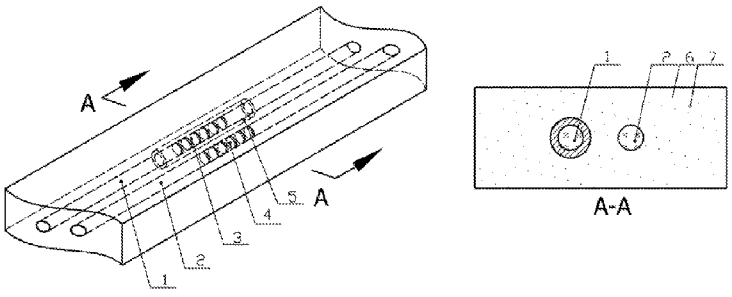


图 1（a） 图 1（b）

(57) **Abstract:** A fiber grating sensor insert for a smart plastic pipe, comprising: a base resin (7), a fiber grating temperature sensor (1), a fiber grating strain sensor (2) and reinforcing fibers (6); the fiber grating temperature sensor (1) and the fiber grating strain sensor (2) are placed side-by-side in parallel, the two being provided with multiple grating units (4); the positions of the grating units (4) correspond to each other so as to jointly form a grating pair having the function of monitoring both temperature and strain. The fiber grating temperature sensor and the fiber grating strain sensor are embedded within the base resin (7), the base resin also being filled with the reinforcing fibers; the reinforcing fibers are evenly distributed in parallel within a strip-shaped insert of the fiber grating sensor so as to support the entire frame of the strip-shaped insert of the fiber grating sensor. Further disclosed are an implantation system for the strip-shaped insert of the fiber grating sensor and a method for preparing the smart plastic pipe. According to the present invention, by combining the conventional processing technology of continuous extrusion of a plastic pipe material and fiber-optic communication technology, fabricated smart plastic pipes may monitor parameters, such as temperature, strain and pressure, online and in real-time.

WO 2019/010830 A1

[见续页]

达(ZHANG, Leida)；中国山东省济南市历下区经十路17923号, Shandong 250061 (CN)。

(74) 代理人：济南圣达知识产权代理有限公司(JINAN SHENGDA INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.)；中国山东省济南市历下区经十路17703号华特广场B308, Shandong 250061 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的国家保护)：AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的地区保护)：ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布：
— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要：一种智能化塑料管道的光纤光栅传感器嵌件，包括基体树脂（7）、光纤光栅温度传感器（1）、光纤光栅应变传感器（2）和增强纤维（6），所述光纤光栅温度传感器（1）、光纤光栅应变传感器（2）平行并列放置，两者均具有多个光栅单元（4），且光栅单元位置相对应，共同组成一个兼具温度和应变监测功能的光栅对；所述光纤光栅温度传感器、光纤光栅应变传感器埋设于基体树脂（7）内，同时基体树脂内填充有增强纤维，所述增强纤维在光纤光栅传感器长条状嵌件内均匀并列分布，用以支撑起整个光纤光栅传感器长条状嵌件的骨架。此外还公开了一种光纤光栅传感器长条状嵌件植入系统和一种智能化塑料管道的制备方法。根据本发明，将传统的塑料管材连续挤出工艺技术与光纤通信技术相结合，制造的智能化塑料管道可实现对温度、应变、压力等参数的实时在线监测。

智能化塑料管道的光纤光栅传感器嵌件、植入系统及方法

技术领域

本发明涉及一种智能化塑料管道的光纤光栅传感器嵌件、植入系统及方法。

背景技术

随着我国城市化进程加速，城市地下管线建设发展异常迅猛，管线已成为城市基础设施的重要组成部分，是城市的“血管”和“神经”。伴随地下管道需求量的日益增加，我国城市也正面临着各种地下管网问题的挑战：城市内涝、道路地面塌陷、燃烧爆炸、饮水污染等一系列问题，因此城市管道的智能化建设刻不容缓。

传感器是实现装备设施智能化的关键技术手段之一。光纤光栅是一种对应变和温度等外部环境非常敏感的传感元件，通过光纤光栅串可实现单根光纤的分布式多点测量。此外，光纤光栅传感器具有质量轻、体积小、灵敏度高、耐腐蚀、抗电磁干扰等优点，在航空航天、大型土木工程结构的健康监测和智能控制等方面应用广泛。

要实现城市地下管道温度、应变、压力等关键参数的实时监测、智能数据分析，需要集成地下管网系统与光纤光栅传感系统的独特优势，从而形成智能管道安全监测系统，以实现城市管网的安全预警、故障诊断和自动控制。

目前，光纤光栅传感器的使用方式主要有表贴和内植两种。若将光纤光栅传感器表贴于管道的内表面，则管道内流体的冲刷腐蚀很容易使传感器发生脱粘、移位甚至折断；若将光纤光栅传感器表贴于管道的外表面，管道外部恶劣

的施工或使役环境则容易使传感器断裂失活，严重影响传感器的测试精度和使役寿命。因此，需要将光纤光栅传感器内植于管道中以确保其存活率和测试精度。然而在工业化连续挤出管材的过程中内植光纤光栅传感器相当困难，在连续挤出管材中植入光纤光栅传感器尚是智能化塑料管道的技术瓶颈。

发明内容

本发明为了解决上述问题，提出了一种智能化塑料管道的光纤光栅传感器嵌件、植入系统及方法，本发明能够确保传感器在恶劣的管道制造和使役环境下存活，实现对管道温度、应变、压力等参数的实时在线监测。

本发明的第一目的是提供一种智能化塑料管道的光纤光栅传感器嵌件，本嵌件采用长条状结构，利用增强纤维和基体树脂的配合，保证光纤光栅传感器嵌件在植入塑料管材时不会发生熔融和拉断的情况，保证了形成智能化塑料管道的坚实基础。

本发明的第二目的是提供一种智能化塑料管道的光纤光栅传感器植入系统，本系统在塑料管材连续挤出成型的过程中采用斜向导入的方式将光纤光栅传感器长条状嵌件准确地埋植于管材外表面，从而把预先内植于长条状嵌件的温度和应变传感器内埋于管材中。

本发明的第三目的是提供一种智能化塑料管道的光纤光栅传感器植入方法，本方法具体包括光纤光栅传感器长条状嵌件的制备、塑料和光纤光栅传感器长条状嵌件的共挤出成型、内含光纤光栅传感器长条状嵌件的管材熔接等重要步骤，全面而系统的保证了智能化塑料管道成品的质量，有助于城市管路建设，构建“智慧城市”。

为了实现上述目的，本发明采用如下技术方案：

一种智能化塑料管道的光纤光栅传感器长条状嵌件，包括基体树脂、光纤光栅温度传感器、光纤光栅应变传感器和增强纤维，所述光纤光栅温度传感器、光纤光栅应变传感器平行并列放置，两者均具有多个光栅单元，且光栅单元位置相对应，共同组成一个兼具温度和应变监测功能的光栅对；

所述光纤光栅温度传感器、光纤光栅应变传感器埋设于基体树脂内，基体树脂内纵向填充有增强纤维。

所述增强纤维在光纤光栅传感器长条状嵌件内均匀并列分布，用以支撑起整个光纤光栅传感器长条状嵌件的骨架。

进一步的，所述光纤光栅温度传感器、光纤光栅应变传感器每根光纤可刻制多个栅区，形成分布式多点检测的光纤光栅串，栅区之间的间距可根据需要自行设定。

优选的，所述相邻光纤光栅温度传感器、光纤光栅应变传感器之间的平行间距为 0.25~2 mm。

优选的，所述光纤光栅温度传感器的栅区用毛细钢管封装，毛细钢管两端进行密封。

优选的，所述光纤光栅温度传感器、光纤光栅应变传感器的纤芯直径为 5~50 μm。

优选的，所述光纤光栅传感器长条状嵌件为厚 0.4~1.2 mm、宽 1~10 mm 的矩形条料，以方便进行植入操作。当然，本领域技术人员可以在本发明的工作原理的基础上将其替换为其他形状，如圆柱状等等，但是其目的均是起到使传

感器嵌件兼具柔性、便于缠绕和方便植入，因此，该类改进属于本领域技术人员容易想到的常规替换，理应属于本发明的保护范围。

所述光纤光栅传感器长条状嵌件的基体树脂材料与待植入的管道材料相同，以提高光纤光栅传感器长条状嵌件与管材的强度相容性、界面相容性和场分布相容性，最大限度地降低传感器长条状嵌件对制品性能的影响，同时减小传感器的应变传递损耗，提高测试精度。

优选的，所述光纤光栅传感器长条状嵌件中增强纤维的熔点至少高出基体树脂熔点 60℃，以确保增强纤维在传感器长条状嵌件与塑料管材共挤出成型时不会发生熔融，从而保证传感器长条状嵌件中的光纤光栅在整个植入过程中不会发生偏移和弯折。

常用增强纤维种类较多，优选聚酯纤维、尼龙纤维和氨纶。当然，本领域技术人员可以在本发明的工作原理的基础上将增强纤维替换为其他材质，但是其目的均是起到使传感器嵌件兼具刚度和柔韧性，因此，该类改进属于本领域技术人员容易想到的常规替换，理应属于本发明的保护范围。

优选的，所述光纤光栅传感器长条状嵌件中增强纤维的体积含量为 30~50%，从而使传感器长条状嵌件兼具刚度和柔韧性。若增强纤维含量过低，光纤光栅传感器嵌件在拉挤成型时很容易被拉断，嵌件的成型制造困难；反之，光纤光栅传感器长条状嵌件会由于刚度太大而不易弯折，从而造成传感器长条状嵌件在斜向导入挤出模腔后贴合模腔壁面困难。

所述光纤光栅传感器长条状嵌件需要用颜色标明，以便于定位传感器，同时提醒施工人员注意保护传感器长条状嵌件不被破坏。需要说明的是，传感器

长条状嵌件的颜色不能和管道通用标志颜色冲突，以便于区分。

一种光纤光栅传感器嵌件植入系统，包括机筒本体，所述机筒本体内部设置有容纳腔体，所述容纳腔体内套设有旋转推进部件，旋转推进部件连接传动电机，所述机筒本体一侧设置有挤出机头，所述容纳腔体与挤出机头内部的挤出模腔连通，挤出机头的前端设置有挤出口模；

所述挤出模腔与挤出机头上设置的向外斜向延伸的传送通道连通，传送通道外侧设置有输送光纤光栅传感器长条状嵌件的传送件，使得其与挤出模腔内的塑料原料一起挤出成型。通过传动电机提供动力，带动旋转推进部件高速旋转搅拌容纳腔体内的塑料原料使其熔融，光纤光栅传感器长条状嵌件在传送件的导向作用下，经由传送通道被斜向传送至挤出机头内部，贴近挤出模腔表面并与熔融的塑料原料一起通过挤出口模，经冷却定型后得到智能化塑料管材。

进一步的，所述机筒本体上设置有原料入口，原料入口与容纳腔体连通。

优选的，所述旋转推进部件为螺杆。

优选的，所述传送件包括多对辊子，所述辊子成对设置于传送通道前端，依次布设，至少有一对辊子靠近挤出机头，用以调整、定位传感器长条状嵌件的导入方向和角度，引导传感器长条状嵌件向前运行至传送通道。

所述传送通道的截面尺寸根据光纤光栅传感器长条状嵌件的截面尺寸设定，其宽度比传感器长条状嵌件的宽度大 1~2 mm，其高度比传感器长条状嵌件的厚度大 0.5~1 mm，从而确保传感器长条状嵌件可以顺利通过传送通道而不会发生扭转。

优选的，所述传送通道与挤出机头轴线的夹角应小于 60°，避免光纤光栅

传感器长条状嵌件在斜向导入挤出模腔后贴合模腔壁面时因过度弯折而断裂。

进一步的，光纤光栅传感器长条状嵌件的嵌入点位于挤出模腔表面并与熔融的塑料一同经过挤出口模，形成内植光纤光栅传感器长条状嵌件的塑料管材。这样的设置保证光纤光栅传感器长条状嵌件内植于塑料管材的外表面，便于在后续的熔接操作时将其与管材本体剥离，从而分别实现塑料与塑料的熔接、光纤与光纤的熔接。

所述内植光纤光栅传感器长条状嵌件的塑料管材的长度可根据需要进行切割，但切割位置应避开光纤光栅传感器的栅区部位，与栅区保持至少 10cm 的距离。

一种智能化塑料管道的制备方法，包括以下步骤：

（1） 制备光纤光栅传感器长条状嵌件；

（2） 将得到的光纤光栅传感器长条状嵌件由传送通道被斜向传送至挤出机头内部，贴近挤出模腔表面并与熔融的塑料一起通过挤出口模，经冷却定型后即得到内植光纤光栅传感器的塑料管材，并根据需要进行切割和包装；

（3） 通过内植有光纤光栅嵌件的连接法兰将塑料管材以及其中的光纤光栅传感器分别熔接，完成管道的贯通以及光信号的中继。

所述步骤（1）中，具体包括：

a)将增强纤维、刻栅完成后的光纤固定于纱架，并使其穿过导纱板，其中，光纤位于中间位置，增强纤维纱束均布于光纤四周；

b)将穿过导纱板的光纤和增强纤维进行烘干、浸润液态高温树脂处理；

c) 浸润液态高温树脂后的光纤和增强纤维以拉挤工艺的形式穿过成型模具，

在成型的同时挤去多余的树脂，并排除材料中的气泡，得到一定截面形状的光纤光栅传感器长条状嵌件；

d)将得到的光纤光栅传感器长条状嵌件在牵引机的拖曳作用下匀速到达收卷机，进行收卷和包装处理。

所述步骤（3）中，塑料管材的连接法兰内植了光纤光栅传感器嵌件，法兰的两端有引出的光纤接头，将法兰两端的传输光纤接头中的光纤分别与塑料管材中内植的光纤熔接，完成光纤延长、光信号中继。需要说明的是，连接法兰中内植的传输光纤的数量与塑料管材中内植的光纤光栅传感器的数量相同，且颜色一一对应，以确保法兰前后熔接的是同一根光纤光栅传感器。

进一步的，在光纤光栅熔接之前需要将传感器长条状嵌件从管材表面剥离出一小段，长度为 4~10 cm。将剥离出的传感器嵌件加热熔融以去除光纤外层的封装材料，露出裸纤，以便于熔接。然后将传输光纤熔接后的多余部分置于连接法兰的光纤接头孔内，在塑料管材熔接完成后胶封光纤熔接部位，从而保护光纤光栅传输光路不受破坏。

与现有技术相比，本发明的有益效果为：

（1）本发明提供了一种内植于塑料管道的光纤光栅传感器长条状嵌件，该传感器嵌件兼具刚度和柔韧性，可以在塑料管材连续挤出成型时被准确可靠地埋入管材表面，避免传感器在恶劣的工况下受损破坏，从而显著提高传感器的存活率和测试精度，同时便于塑料管材之间的熔接以及光纤光栅传感器与传输光纤的熔接；

（2）本发明提供了一种智能化塑料管道的光纤光栅传感器植入系统，该系

统可以便利的在生产塑料管材的同时将光纤光栅传感器长条状嵌件埋植于塑料管材表面，一体化成型且便于流水线生产；

（3）本发明提供了一种智能化塑料管道的光纤光栅传感器植入方法，该方法操作简单，将传统的塑料管材连续挤出工艺技术与光纤通信技术相结合，制造的智能化塑料管道可实现对温度、应变、压力等参数的实时在线监测，进而实现城市管网的安全预警、故障诊断和自动控制，从而有力推动“智慧城市”建设。

附图说明

构成本申请的一部分的说明书附图用来提供对本申请的进一步理解，本申请的示意性实施例及其说明用于解释本申请，并不构成对本申请的不当限定。

图 1（a）为本发明光纤光栅传感器长条状嵌件的结构示意图；

图 1（b）为本发明图 1（a）的局部侧视图；

图 2 为内植光纤光栅传感器长条状嵌件的塑料管材的制造过程示意图；

图 3 为熔接后智能化塑料管道的整体示意图。

其中，1 为光纤光栅温度传感器；2 为光纤光栅应变传感器；3 为温度光栅单元；4 为应变光栅单元；5 为毛细钢管；6 为增强纤维；7 为基体树脂；8 为挤出机传动电机；9 为齿轮；10 为塑料原料；11 为螺杆；12 为机筒；13 为挤出机头；14 为挤出模腔；15 为挤出口模；16 为光纤光栅传感器长条状嵌件；17 为传送辊子；18 为传送通道；19 为智能化塑料管材；20 为连接法兰。

具体实施方式：

下面结合附图与实施例对本发明作进一步说明。

应该指出，以下详细说明都是例示性的，旨在对本申请提供进一步的说明。除非另有指明，本文使用的所有技术和科学术语具有与本申请所属技术领域的

普通技术人员通常理解的相同含义。

需要注意的是，这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式，而非意图限制根据本申请的示例性实施方式。如在这里所使用的，除非上下文另外明确指出，否则单数形式也意图包括复数形式，此外，还应当理解的是，当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时，其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

在本发明中，术语如“上”、“下”、“左”、“右”、“前”、“后”、“竖直”、“水平”、“侧”、“底”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，只是为了便于叙述本发明各部件或元件结构关系而确定的关系词，并非特指本发明中任一部件或元件，不能理解为对本发明的限制。

本发明中，术语如“固接”、“相连”、“连接”等应做广义理解，表示可以是固定连接，也可以是一体地连接或可拆卸连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连。对于本领域的相关科研或技术人员，可以根据具体情况确定上述术语在本发明中的具体含义，不能理解为对本发明的限制。

正如背景技术所介绍的，现有技术中存在工业化连续挤出管材的过程中内植光纤光栅传感器相当困难，在连续挤出管材中植入光纤光栅传感器尚是智能化塑料管道的技术瓶颈，为了解决如上的技术问题，本申请提出了一种智能化塑料管道的光纤光栅传感器植入系统及方法，本发明在塑料管材连续挤出成型的过程中采用斜向导入的方式将光纤光栅传感器长条状嵌件准确地埋植于管材外表面，从而把预先内植于长条状嵌件的温度和应变传感器内埋于管材中，确保传感器在恶劣的管道制造和使役环境下存活，实现对管道温度、应变、压力

等参数的实时在线监测。

一种智能化塑料管道的光纤光栅传感器的植入方法，具体包括光纤光栅传感器长条状嵌件的制备步骤、塑料和光纤光栅传感器长条状嵌件的共挤出成型管材步骤和内含光纤光栅传感器长条状嵌件的管材熔接步骤。

其中，第一步：光纤光栅传感器长条状嵌件的制备步骤。

将增强纤维、刻栅完成后的光纤固定于纱架，并使其穿过导纱板，其中，光纤位于中间位置，增强纤维纱束均布于光纤四周；将上述两种材料进行烘干、浸润液态高温树脂处理；浸润液态高温树脂后的光纤和增强纤维以拉挤工艺的形式穿过成型模具，在成型的同时挤去多余的树脂，并排除材料中的气泡，得到一定截面形状的光纤光栅传感器长条状嵌件；将上述得到的光纤光栅传感器长条状嵌件在牵引机的拖曳作用下匀速到达收卷机，进行收卷和包装处理。

制备成的光纤光栅传感器长条状嵌件为厚 0.4~1.2 mm、宽 1~10 mm 的矩形条料，包括至少一条温度光纤光栅传感器和一条应变光纤光栅传感器。温度光纤光栅传感器测量温度，应变光纤光栅传感器检测应变，同一嵌件中的所有光纤光栅传感器分别用不同的颜色标记，以便于区分。

进一步的，所述温度光纤光栅传感器和应变光纤光栅传感器平行并列放置，两者的光栅单元位置相对应，共同组成一个兼具温度和应变监测功能的光栅对。此外，每根光纤可刻制多个栅区，形成分布式多点检测的光纤光栅串，栅区之间的间距可根据需要自行设定。

优选的，所述相邻光纤光栅传感器之间的平行间距为 0.25~2 mm。

优选的，所述温度光纤光栅的栅区用外径 0.7 mm 的毛细钢管封装，两端用

DG-4 双组份胶进行密封。

优选的，所述光纤光栅传感器的纤芯直径为 5~50 μm。

所述光纤光栅传感器长条状嵌件的基体树脂材料与管道材料相同，以提高光纤光栅传感器长条状嵌件与管材的强度相容性、界面相容性和场分布相容性，最大限度地降低传感器长条状嵌件对制品性能的影响，同时减小传感器的应变传递损耗，提高测试精度。

优选的，所述光纤光栅传感器长条状嵌件中增强纤维的熔点至少高出基体树脂熔点 60℃，以确保增强纤维在传感器长条状嵌件与塑料管材共挤出成型时不会发生熔融，从而保证传感器长条状嵌件中的光纤光栅在整个植入过程中不会发生偏移和弯折。常用增强纤维种类较多，优选聚酯纤维、尼龙纤维和氨纶。

优选的，所述光纤光栅传感器长条状嵌件中增强纤维的体积含量为 30~50%，从而使传感器长条状嵌件兼具刚度和柔韧性。若增强纤维含量过低，光纤光栅传感器嵌件在拉挤成型时很容易被拉断，嵌件的成型制造困难；反之，光纤光栅传感器长条状嵌件会由于刚度太大而不易弯折，从而造成传感器长条状嵌件在斜向导入挤出模腔后贴合模腔壁面困难。

光纤光栅传感器长条状嵌件需要用特定颜色标明，以便于定位传感器，同时提醒施工人员注意保护传感器长条状嵌件不被破坏。需要说明的是，传感器长条状嵌件的颜色不能和管道通用标志颜色冲突，以便于区分。

第二步，塑料和光纤光栅传感器长条状嵌件的共挤出成型管材步骤：

得到的光纤光栅传感器长条状嵌件在开卷后通过多对辊子的夹持、导向和推送作用，经由传送通道被斜向传送至挤出机头内部，贴近挤出模腔表面并与

熔融的塑料一起通过挤出口模，经冷却定型后即得到内植光纤光栅传感器长条状嵌件的塑料管材，并根据需要进行切割和包装处理。

其中，传感器长条状嵌件的夹持、推送、导向装置主要由多对辊子和特制传送通道组成，第一对辊子在距离挤出机头较远的位置，起到推送传感器长条状嵌件向前运行的作用；至少有一对辊子靠近挤出机头，用以调整、定位传感器长条状嵌件的导入方向和角度；传送通道是光纤光栅传感器长条状嵌件到达挤出模腔表面的路径，用以确定传感器长条状嵌件在塑料熔体中的初始嵌入位置。需要说明的是，在挤出成型时，光纤光栅传感器长条状嵌件的嵌入点位于挤出模腔表面并与熔融的塑料一同经过挤出口模，形成内植光纤光栅传感器长条状嵌件的塑料管材。此时，光纤光栅传感器长条状嵌件内植于塑料管材的外表面，便于在后续的熔接操作时将其与管材本体剥离，从而分别实现塑料与塑料的熔接、光纤与光纤的熔接。

内植光纤光栅传感器长条状嵌件的塑料管材的长度可根据需要进行切割，但切割位置应避开光纤光栅传感器的栅区部位，与栅区保持至少 10cm 的距离。

第三步，内含光纤光栅传感器长条状嵌件的管材熔接步骤：

制备的内植光纤光栅传感器长条状嵌件的塑料管材在使用时，通过连接法兰（内植了光纤光栅嵌件）将塑料管材以及其中的光纤光栅传感器分别熔接，完成管道的贯通以及光信号的中继。

塑料管材的连接法兰内植了光纤光栅传感器嵌件，法兰的两端有引出的光纤接头，将法兰两端的传输光纤接头中的光纤分别与塑料管材中内植的光纤熔接，完成光纤延长、光信号中继。需要说明的是，连接法兰中内植的传输光纤

的数量与塑料管材中内植的光纤光栅传感器的数量相同，且颜色一一对应，以确保法兰前后熔接的是同一根光纤光栅传感器。

进一步的，在光纤光栅熔接之前需要将传感器长条状嵌件从管材表面剥离出一小段，长度为 4~10 cm。将剥离出的传感器嵌件加热熔融以去除光纤外层的封装材料，露出裸纤，以便于熔接。然后将传输光纤熔接后的多余部分置于连接法兰的光纤接头孔内，在塑料管材熔接完成后胶封光纤熔接部位，从而保护光纤光栅传输光路不受破坏。

以下通过几个典型实施例对技术方案进行更详细的说明：

实施例 1：

一种智能化塑料管道在线监测用光纤光栅传感器长条状嵌件，其结构如图 1（a）、图 1（b）所示，包括：光纤光栅温度传感器 1、光纤光栅应变传感器 2、增强纤维 6（本实施例中增强纤维选用聚酯纤维）、基体树脂 7（本实施例中基体树脂选用无规共聚聚丙烯）。

内植光纤光栅传感器长条状嵌件的塑料管材的制造过程如图 2 所示，其中，挤出机传动电机 8 提供动力，齿轮 9 带动螺杆 11 高速旋转搅拌塑料原料 10（本实施例中塑料原料选用无规共聚聚丙烯）使其熔融，而光纤光栅传感器长条状嵌件 16 在传送辊子 17 的夹持、传送和导向作用下，经由传送通道 18 被斜向传送至挤出机头 13 内部，贴近挤出模腔 14 表面并与熔融的无规共聚聚丙烯 10 一起通过挤出口模 15，经冷却定型后得到智能化塑料管材 19。

图 3 为熔接后智能化塑料管道的整体示意图，通过连接法兰 20 将智能化塑料管材 19 以及其中的光纤光栅传感器分别熔接保护，完成管道的贯通以及光信

号的中继。

一种智能化塑料管道的光纤光栅传感器植入方法，包括如下步骤：

（1）光纤光栅传感器长条状嵌件的制备

a)选取两条掺入光敏性材料的光纤，通过热挤出、涂覆、缠绕等成型工艺，使光纤外周形成一定厚度、不同颜色的热塑性塑料保护层。

b)将上述制备的光纤每隔 3 m 剥去长 10 mm 的光纤保护层，形成多个光纤裸露区，并在每个光纤裸露区刻制不同中心波长的光栅，形成多个光纤光栅传感器单元。

c)选取步骤 b)中一条刻栅完成的光纤，将其上刻制的所有栅区封装在毛细钢管 5 中，且保证栅区在管中处于自由状态，封装所用毛细钢管 5 外径为 0.7mm，壁厚 0.2mm，两端用 DG-4 双组份胶进行密封，常温放置 24 小时使其完全固化，形成光纤光栅温度传感器 1；另外一条光纤的栅区未套毛细钢管 5，作为光纤光栅应变传感器 2。

d) 将光纤光栅温度传感器 1、光纤光栅应变传感器 2、聚酯纤维 6 固定于纱架，并使其穿过导纱板，其中，光纤光栅温度传感器 1 和光纤光栅应变传感器 2 位于中间位置，聚酯纤维 6 均布于光纤光栅传感器的四周，调节张力，防止纤维下垂、缠绕。

e)上述两种材料通过干燥设备进行除湿处理后，进入胶槽浸润液态高温的无规共聚聚丙烯 7。

f) 浸润无规共聚聚丙烯 7 后的光纤光栅温度传感器 1、光纤光栅应变传感器 2 和聚酯纤维 6 以拉挤工艺的形式穿过成型模具，得到 1 mm 厚、1.5mm 宽的光

纤光栅传感器长条状嵌件 16。

g) 光纤光栅传感器长条状嵌件 16 在牵引机的拖曳作用下匀速到达收卷机，进行收卷和包装处理。

（2）内植光纤光栅传感器长条状嵌件的塑料管材的制备

a) 打开挤出机传动电机 8，由齿轮 9 带动螺杆 11 转动。

b) 将颗粒状的无规共聚聚丙烯 10 加入到挤出机的机筒 12 中，挤出机机筒 12 外有加热器，通过热传导将加热器产生的热量传给机筒 12 内的无规共聚聚丙烯 10，使温度逐渐上升。

c) 随着螺杆 11 的转动，无规共聚聚丙烯 10 不断向前输送，并在输送过程中与螺杆 11、机筒 12 之间相互碰撞摩擦，产生大量的热，与热传导共同作用使加入的无规共聚聚丙烯 10 不断熔融，熔融的无规共聚聚丙烯 10 被连续、稳定地输送至挤出机头 13 中。

d)将步骤（1）中制备的光纤光栅传感器长条状嵌件 16 开卷，开卷后的光纤光栅传感器长条状嵌件 16 通过传送辊子的夹持、导向和推送作用，经由传送通道 18 被斜向传送至挤出机头 13 内部，贴近挤出模腔 14 表面并与熔融的无规共聚聚丙烯 10 一起通过挤出口模 15，经冷却定型后得到智能化塑料管材 19。

e) 在牵引装置的作用下，智能化塑料管材 19 连续前进，到达切割装置后进行切割和包装处理，以便储存和运输。

（3）智能化塑料管材的熔接

a) 首先，将光纤光栅传感器长条状嵌件 16 从智能化塑料管材 19 的表面剥离出一小段，长度为 5 cm，并将剥离出的传感器嵌件加热熔融以去除光纤外层

的封装材料，露出裸纤。

b) 连接法兰 20 的两端分别有两条引出的光纤接头，光纤接头中传输光纤的颜色与光纤光栅传感器长条状嵌件 16 中的光纤光栅温度传感器 1 和光纤光栅应变传感器 2 一一对应，采用光纤熔接机将对应的传输光纤接头中的光纤与塑料管材中内植的光纤熔接，然后将传输光纤熔接后的多余部分置于连接法兰 20 的光纤接头孔内，并胶封光纤熔接部位。

c) 加热智能化塑料管材 19 的管口位置并将其嵌入到连接法兰 20 内，与另一端嵌入的智能化塑料管材熔接，完成管道的贯通、光纤的延长和光信号的中继。

d) 在管道完全贯通后，从管道中引出传输光纤，与外部的传输光缆熔接，并将光缆接头连接光纤光栅解调系统，即可实现对塑料管道温度和应变的在线监测。

实施例 2：

与实施例 1 的不同之处在于，光纤光栅传感器长条状嵌件中的增强纤维选用尼龙纤维，传感器长条状嵌件中的基体树脂和管材原料选用聚氯乙烯。

实施例 3：

与实施例 1 的不同之处在于，光纤光栅传感器长条状嵌件中的增强纤维选用氨纶，传感器长条状嵌件中的基体树脂和管材原料选用聚乙烯。

以上所述仅为本申请的优选实施例而已，并不用于限制本申请，对于本领域的技术人员来说，本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原则

之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本申请的保护范围之内。

上述虽然结合附图对本发明的具体实施方式进行了描述，但并非对本发明保护范围的限制，所属领域技术人员应该明白，在本发明的技术方案的基础上，本领域技术人员不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本发明的保护范围以内。

1、一种智能化塑料管道的光纤光栅传感器长条状嵌件，其特征是：包括基体树脂、光纤光栅温度传感器、光纤光栅应变传感器和增强纤维，所述光纤光栅温度传感器、光纤光栅应变传感器平行并列放置，两者均具有多个光栅单元，且光栅单元位置相对应，共同组成一个兼具温度和应变监测功能的光栅对；

所述光纤光栅温度传感器、光纤光栅应变传感器埋设于基体树脂内，同时基体树脂内填充有增强纤维，所述增强纤维在光纤光栅传感器长条状嵌件内均匀并列分布，用以支撑起整个光纤光栅传感器长条状嵌件的骨架。

2、如权利要求 1 所述的一种智能化塑料管道的光纤光栅传感器长条状嵌件，其特征是：所述光纤光栅温度传感器、光纤光栅应变传感器每根光纤可刻制多个栅区，形成分布式多点检测的光纤光栅串，栅区之间的间距可根据需要自行设定。

3、如权利要求 1 或 2 所述的一种智能化塑料管道的光纤光栅传感器长条状嵌件，其特征是：所述光纤光栅温度传感器的光纤光栅的栅区用毛细钢管封装，毛细钢管两端进行密封。

4、如权利要求 1 所述的一种智能化塑料管道的光纤光栅传感器长条状嵌件，其特征是：光纤光栅传感器长条状嵌件的基体树脂材料与待植入的管道材料相同。

5、如权利要求 1 所述的一种智能化塑料管道的光纤光栅传感器长条状嵌件，其特征是：所述光纤光栅传感器长条状嵌件中增强纤维的熔点至少高出基体树脂熔点 60℃。

6、如权利要求 1 所述的一种智能化塑料管道的光纤光栅传感器长条状嵌件，

其特征是：所述光纤光栅传感器长条状嵌件中增强纤维的体积含量为30~50%。

7、一种光纤光栅传感器长条状嵌件植入系统，其特征是：包括机筒本体，所述机筒本体内部设置有容纳腔体，所述容纳腔体内套设有旋转推进部件，旋转推进部件连接传动电机，所述机筒本体一侧设置有挤出机头，所述容纳腔体与挤出机头内部的挤出模腔连通，挤出机头的前端设置有挤出口模；

所述挤出模腔与挤出机头上设置的向外斜向延伸的传送通道连通，传送通道外侧设置有输送光纤光栅传感器长条状嵌件的传送件，使得其与挤出模腔内的塑料原料一起挤出成型。

8、如权利要求7所述的一种光纤光栅传感器长条状嵌件植入系统，其特征是：所述机筒本体上设置有原料入口，原料入口与容纳腔体连通。

9、如权利要求7所述的一种光纤光栅传感器长条状嵌件植入系统，其特征是：所述传送件包括多对辊子，所述辊子成对设置于传送通道前端，依次布设，至少有一对辊子靠近挤出机头，用以调整、定位传感器长条状嵌件的导入方向和角度，引导传感器嵌件向前运行至传送通道。

10、如权利要求 7 所述的一种光纤光栅传感器长条状嵌件植入系统，其特征是：光纤光栅传感器长条状嵌件的嵌入点位于挤出模腔表面并与熔融的塑料一同经过挤出口模，形成内植光纤光栅传感器长条状嵌件的塑料管材。

11、一种智能化塑料管道的制备方法，其特征是：包括以下步骤：

（1）制备光纤光栅传感器长条状嵌件；

（2）将得到的光纤光栅传感器长条状嵌件由传送通道被斜向传送至挤出机头内部，贴近挤出模腔表面并与熔融的塑料一起通过挤出口模，经冷却定型

后即得到内植光纤光栅传感器的塑料管材，并根据需要进行切割和包装；

（3） 通过内植有光纤光栅嵌件连接法兰将塑料管材以及其中的光纤光栅传感器分别熔接，完成管道的贯通以及光信号的中继。

12、如权利要求 11 所述的一种智能化塑料管道的制备方法，其特征是：所述步骤（1）中，具体包括：

a) 将增强纤维、刻栅完成后的光纤固定于纱架，并使其穿过导纱板，其中，光纤位于中间位置，增强纤维纱束均布于光纤四周；

b)将穿过导纱板的光纤和增强纤维进行烘干、浸润液态高温树脂处理；

c) 浸润液态高温树脂后的光纤和增强纤维以拉挤工艺的形式穿过成型模具，在成型的同时挤去多余的树脂，并排除材料中的气泡，得到一定截面形状的光纤光栅传感器嵌件；

d)将得到的光纤光栅传感器嵌件在牵引机的拖曳作用下匀速到达收卷机，进行收卷和包装处理。

13、如权利要求 11 所述的一种智能化塑料管道的制备方法，其特征是：所述步骤（3）中，塑料管材的连接法兰内植了光纤光栅传感器嵌件，法兰的两端有引出的光纤接头，将法兰两端的传输光纤接头中的光纤分别与塑料管材中内植的光纤熔接，完成光纤延长、光信号中继。

14、如权利要求 11 所述的一种智能化塑料管道的制备方法，其特征是：在光纤光栅熔接之前需要将传感器长条状嵌件从管材表面剥离出一小段，将剥离出的传感器嵌件加热熔融以去除光纤外层的封装材料，露出裸纤，以便于熔接，然后将传输光纤熔接后的多余部分置于连接法兰的光纤接头孔内，在塑料管材

熔接完成后胶封光纤熔接部位，以保护光纤光栅传输光路不受破坏。

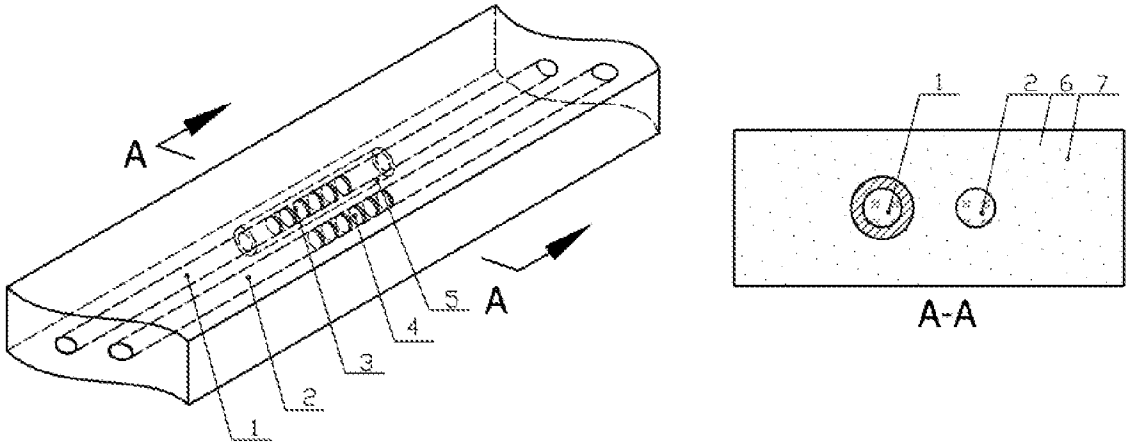


图 1（a）图 1（b）

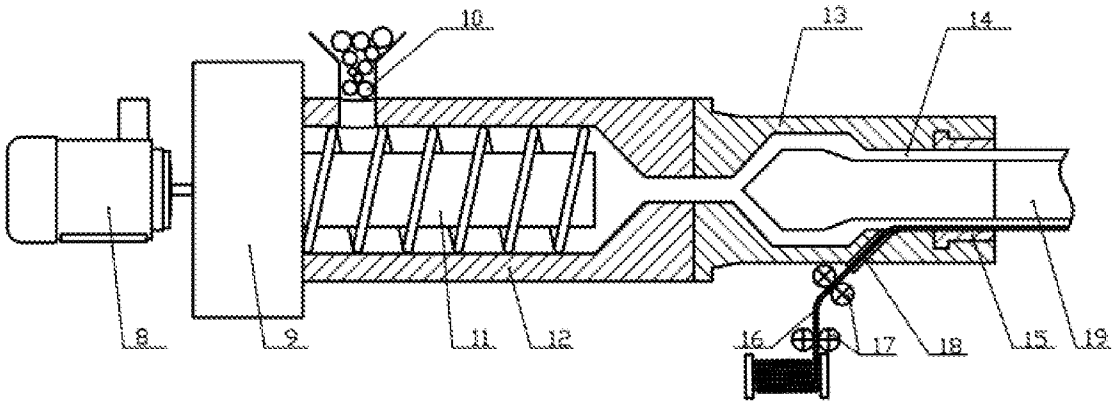


图 2

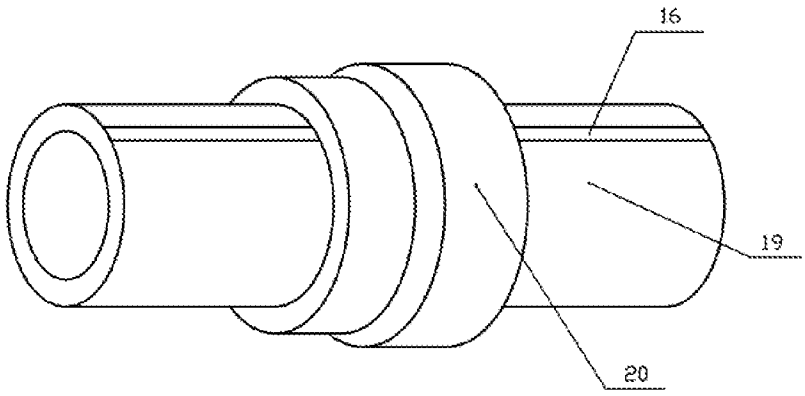


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/103874

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01D 5/00 (2006.01) i; G01B 7/16 (2006.01) i; G01K 11/32 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01D, G01K; G01B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS VEN: 纤维, 树脂, 光纤光珊, 传感器, 塑料 resin FBG sensor plastic

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 1779067 A (OU, Jinping et al.), 31 May 2006 (31.05.2006), claims 1-9, description, pages 1-4, and figures 1-5	1-14
A	CN 104198083 A (CNPC BOHAI DRILLING ENGINEERING COMPANY LIMITED), 10 December 2014 (10.12.2014), entire document	1-14
A	CN 2748888 Y (ZHOU, Zhi et al.), 28 December 2005 (28.12.2005), entire document	1-14
A	CN 1758017 A (HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY), 12 April 2006 (12.04.2006), entire document	1-14
A	CN 101738214 A (OCEANPOWER CORPORATION et al.), 16 June 2010 (16.06.2010), entire document	1-14

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
13 April 2018	19 April 2018

Name and mailing address of the ISA
State Intellectual Property Office of the P. R. China
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao
Haidian District, Beijing 100088, China
Facsimile No. (86-10) 62019451

Authorized officer
XIE, Gang
Telephone No. (86-10) 62085844

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/103874

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 1779067 A	31 May 2006	CN 100335714 C	05 September 2007
CN 104198083 A	10 December 2014	None	
CN 2748888 Y	28 December 2005	None	
CN 1758017 A	12 April 2006	None	
CN 101738214 A	16 June 2010	CN 101738214 B	02 January 2013

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2017/103874

A. 主题的分类

G01D 5/00(2006.01)i; G01B 7/16(2006.01)i; G01K 11/32(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G01D, G01K; G01B

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用）)

CNABS VEN: 纤维，树脂，光纤光栅，传感器，塑料 resin FBG sensor plastic

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 1779067 A (欧进萍 等) 2006年 5月 31日 (2006-05-31) 权利要求1—9，说明书第1—4页，附图1—5	1—14
A	CN 104198083 A (中国石油集团渤海钻探工程有限公司) 2014年 12月 10日 (2014-12-10) 全文	1—14
A	CN 2748888 Y (周智 等) 2005年 12月 28日 (2005-12-28) 全文	1—14
A	CN 1758017 A (哈尔滨工业大学) 2006年 4月 12日 (2006-04-12) 全文	1—14
A	CN 101738214 A (深圳市海川实业股份有限公司等) 2010年 6月 16日 (2010-06-16) 全文	1—14

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

"A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

"E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

"L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

"P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

"T" 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

"X" 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

"Y" 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

"&" 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2018年 4月 13日	2018年 4月 19日

ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员
中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	谢岗
传真号 (86-10)62019451	电话号码 (86-10)62085844

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2017/103874

检索报告引用的专利文件			公布日（年/月/日）	同族专利			公布日（年/月/日）
CN	1779067	A	2006年 5月 31日	CN	100335714	C	2007年 9月 5日
CN	104198083	A	2014年 12月 10日	无			
CN	2748888	Y	2005年 12月 28日	无			
CN	1758017	A	2006年 4月 12日	无			
CN	101738214	A	2010年 6月 16日	CN	101738214	B	2013年 1月 2日