



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112964330 B

(45) 授权公告日 2024.03.12

(21) 申请号 202110251767.1

(22) 申请日 2021.03.08

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112964330 A

(43) 申请公布日 2021.06.15

(66) 本国优先权数据
202011280176.9 2020.11.16 CN

(73) 专利权人 常州渡盈光电科技有限公司
地址 213002 江苏省常州市新北区华中
路23号

(72) 发明人 赵晓艳 陈金涛

(74) 专利代理机构 苏州瞪羚知识产权代理事务
所(普通合伙) 32438
专利代理师 刘彦君

(51) Int.Cl.

G01F 23/16 (2006.01)

G01B 11/16 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 101221079 A, 2008.07.16

CN 206146584 U, 2017.05.03

CN 211504504 U, 2020.09.15

JP 2003014491 A, 2003.01.15

RU 2008134440 A, 2010.04.10

CN 102562034 A, 2012.07.11

CN 105606296 A, 2016.05.25

CN 109441787 A, 2019.03.08

JP 2013092450 A, 2013.05.16

US 2015338286 A1, 2015.11.26

审查员 郭一帆

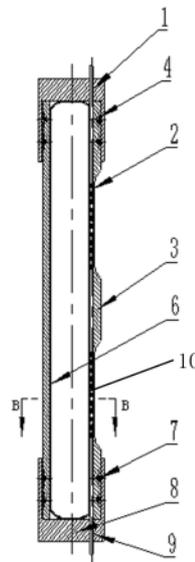
权利要求书2页 说明书6页 附图7页

(54) 发明名称

一种基于级联光纤光栅的液位传感器工作方法及装置

(57) 摘要

一种基于级联光纤光栅的液位传感器工作方法及装置,包括光纤、光纤光栅、金属外套管、密封槽、感应膜、气囊、密封圈、封帽;金属外套管的两端各设有密封槽,密封槽的外围相配合地设有封帽,封帽上开设与光纤相配合的光纤孔,光纤孔的孔壁与金属外套管的内壁相切;金属外套管的中部磨削出多个凹槽,凹槽内形成感应膜;光纤上刻写至少两个光纤光栅,光纤光栅均与感应膜位置相对应;光纤贯穿金属外套管,气囊设在金属外套管内。本发明的方法通过改变所述金属外套管的材料、感应膜的厚度、气囊的气压来调节该液位传感器探头的量程以及灵敏度。具有抗电磁干扰,信号传递传输距离远和易于联网等优点,更好地适应于在深井中测量深液位,准确高效。



1. 一种基于级联光纤光栅的液位传感器工作方法,其特征在于:包括以下步骤:

S1:金属外套管(3)的中部磨削出多个开口向外的凹槽(10),具有一定深度的凹槽(10)处内形成感应膜(5);光纤(1)上刻写至少两个光纤光栅(2),光纤(1)穿过金属外套管(3),使得光纤光栅(2)位于感应膜(5)处;

S2:光纤(1)拉紧,在金属外套管(3)的两端处光纤(1)与金属外套管(3)内壁胶粘固定;气囊(6)设在金属外套管(3)内并充入气体使其膨胀,膨胀的气囊(6)将光纤光栅(2)紧压在感应膜(5)内壁;

S3:金属外套管(3)的两端通过密封圈(7)、密封槽(4)密封,外侧封帽(8)将装置密封,光纤(1)通过封帽(8)上的光纤孔(9)伸出装置与外联设备连接;

S4:液体压力作用在金属外套管(3)的外表面,感应膜(5)内外两侧产生压差从而发生较大形变,由于气囊(6)的挤压,光纤光栅(2)随感应膜(5)形变而产生应变,引起光纤光栅(2)反射中心波长的变化来测量液位;液体压力随着装置与液体上液面的距离发生变化,从而可实现液位的测量;

S5:液位测量范围动态调整的具体实施方法为:

S51:气囊(6)的初始压力为 P_1 时,传感器的测量范围为 H_1 到 H_2 ,则感应膜(5)内外两侧的压差为0到 P ,则 $P = (H_2 - H_1) \rho g$, ρ 为测量液体密度, g 为重力加速度;

S52:测量点深度增加 ΔH ,则传感器的测量范围变为 $(H_1 + \Delta H)$ 到 $(H_2 + \Delta H)$;为保证感应膜(5)内外两侧的压差为0到 P ,只需将气囊压力调整为 $(P_1 + \Delta H \rho g)$ 。

2. 根据权利要求1所述的一种基于级联光纤光栅的液位传感器工作方法,其特征在于:通过改变所述金属外套管(3)的材料、感应膜(5)的厚度、气囊(6)的气压来调节该液位传感器探头的量程以及灵敏度。

3. 根据权利要求1所述的一种基于级联光纤光栅的液位传感器装置,其特征在于:包括光纤(1)、光纤光栅(2)、金属外套管(3)、密封槽(4)、感应膜(5)、气囊(6)、密封圈(7)、封帽(8);

所述金属外套管(3)的两端各设有密封槽(4),密封槽(4)的外围相配合地设有封帽(8),封帽(8)上开设与光纤(1)相配合的光纤孔(9),光纤孔(9)的孔壁与金属外套管(3)的内壁相切;所述金属外套管(3)的中部磨削出多个凹槽(10),所述凹槽(10)内形成感应膜(5);所述光纤(1)上刻写至少两个光纤光栅(2),光纤光栅(2)均与感应膜(5)位置相对应;所述光纤(1)贯穿所述金属外套管(3),所述气囊(6)设在金属外套管(3)内。

4. 根据权利要求3所述的一种基于级联光纤光栅的液位传感器装置,其特征在于:所述凹槽(10)的深度为 h ,所述感应膜(5)的厚度为 t ,所述金属外套管(3)的外径和内径分别为 D 和 d ,则感应膜(5)的厚度 t 为:

$$t = \frac{D-d}{2} - h。$$

5. 根据权利要求3所述的一种基于级联光纤光栅的液位传感器装置,其特征在于:所述感应膜(5)的厚度 t 的范围为 $0.2\text{mm} - 0.3\text{mm}$ 。

6. 根据权利要求3所述的一种基于级联光纤光栅的液位传感器装置,其特征在于:所述凹槽(10)、感应膜(5)、光纤光栅(2)位置均相对应且个数相同,所述凹槽(10)的个数至少为两个。

7. 根据权利要求3所述的一种基于级联光纤光栅的液位传感器装置,其特征在于:所述

光纤孔(9)的孔壁与金属外套管(3)的内壁相切,两相切圆为内切关系。

8.根据权利要求3所述的一种基于级联光纤光栅的液位传感器装置,其特征在于:所述密封槽(4)设有密封圈(7)。

9.根据权利要求3所述的一种基于级联光纤光栅的液位传感器装置,其特征在于:多个所述的光纤光栅(2)采用级联方式。

10.根据权利要求3所述的一种基于级联光纤光栅的液位传感器装置,其特征在于:所述金属外套管(3)采用耐腐蚀金属材料。

一种基于级联光纤光栅的液位传感器工作方法及装置

技术领域

[0001] 本发明属于光纤光栅液位传感器测量技术领域,具体一种基于级联光纤光栅的液位传感器工作方法及装置。

背景技术

[0002] 伴随通讯技术的发展、成熟和产业化,光纤通讯成为通讯技术中心的关键的重要部分,围绕光纤通讯的发展的光纤器件,光纤激光器都已经大量实现了产业化。最近,随做人工智能及5G通讯的要求,光纤器件和光纤传感器的需求日益增加,开发多功能化、集成化、智能化是光纤器件和光纤传感器的新的需求和方向。其中,光纤光栅是光纤器件中的一个重要的无源器件,基于光纤光栅开发的温度、湿度、应力等光纤传感器得到了广泛的关注和研究。其中,光纤光栅的温度和应变传感器是在工程领域中应用最广泛,技术最成熟的光纤传感器。而在光纤液位传感器方面,也有了较多的报道和文献,例如现有的基于光纤光栅式的液位传感器、基于压力测量的光纤液位传感器及其制备方法这些现有技术,但是在环境使用,深液位探测,压力探测范围中尚存在不足。

[0003] 目前,深井液位测量中,主要采用电阻式液位计,其原理是利用待测点液体的压力来改变传感器电阻变化,从而导致电压变化来测量液位。但电压信号易受传输距离和电磁干扰等因素的影响,在导电液体中电阻式液位计易出现短路现象,造成误报。

[0004] 现有的光纤光栅液位传感器,其原理是利用感应膜外侧的液体压力和内侧的空腔压力不同产生压力差,导致感应膜发生弹性形变,带动光纤光栅形变,引起光纤光栅反射中心波长的变化来测量液位。但这种液位传感器量程和灵敏受感应膜的影响,大量程传感器要求感应膜耐压能力强,但对压力感应不够灵敏,降低了传感器的灵敏度。相应的提高传感器灵敏度又会减小其量程,无法适应深井等特殊场景的液位测量。

发明内容

[0005] 有鉴于此,为解决上述现有技术的不足,本发明的目的在于提供了一种基于级联光纤光栅的液位传感器工作方法及装置,具有大量程、范围可动态调整、一体化、探头式,以及抗电磁干扰,信号传递传输距离远和易于联网等优点,更好地适应于在深井中测量深液位,准确高效。

[0006] 为实现上述目的,本发明所采用的技术方案是:

[0007] 一种基于级联光纤光栅的液位传感器工作方法,包括以下步骤:

[0008] S1:金属外套管的中部磨削出多个开口向外的凹槽,具有一定深度的凹槽处内形成感应膜;光纤上刻写至少两个光纤光栅,光纤穿过金属外套管,使得光纤光栅位于感应膜处;

[0009] S2:光纤拉紧,在金属外套管的两端处光纤与金属外套管内壁胶粘固定;气囊设在金属外套管内并冲入气体使其膨胀,膨胀的气囊将光纤光栅紧压在感应膜内壁;

[0010] S3:金属外套管的两端通过密封圈、密封槽密封,外侧封帽将装置密封,光纤通过

封帽上的光纤孔伸出装置与外联设备连接；

[0011] S4:液体压力作用在金属外套管的外表面,感应膜内外两侧产生压差从而发生较大形变,由于气囊的挤压,光纤光栅随感应膜形变而产生应变,引起光纤光栅反射中心波长的变化来测量液位;液体压力随着装置与液体上液面的距离发生变化,从而可实现液位的测量;

[0012] S5:液位测量范围动态调整的具体实施方法为:

[0013] S51:气囊的初始压力为 P_1 时,传感器的测量范围为 H_1 到 H_2 ,则感应膜内外两侧的压差为0到 P ,则 $P = (H_2 - H_1) \rho g$, ρ 为测量液体密度, g 为重力加速度;

[0014] S52:测量点深度增加 ΔH ,则传感器的测量范围变为 $(H_1 + \Delta H)$ 到 $(H_2 + \Delta H)$;为保证感应膜内外两侧的压差为0到 P ,只需将气囊压力调整为 $(P_1 + \Delta H \rho g)$ 。

[0015] 进一步的,通过改变所述金属外套管的材料、感应膜的厚度、气囊的气压来调节该液位传感器探头的量程以及灵敏度。

[0016] 进一步的,一种基于级联光纤光栅的液位传感器装置,包括光纤、光纤光栅、金属外套管、密封槽、感应膜、气囊、密封圈、封帽;所述金属外套管的两端各设有密封槽,密封槽的外围相配合地设有封帽,封帽上开设与光纤相配合的光纤孔,光纤孔的孔壁与金属外套管的内壁相切;所述金属外套管的中部磨削出多个凹槽,所述凹槽内形成感应膜;所述光纤上刻写至少两个光纤光栅,光纤光栅均与感应膜位置相对应;所述光纤贯穿所述金属外套管,所述气囊设在金属外套管内。

[0017] 进一步的,所述凹槽的深度为 h ,所述感应膜的厚度为 t ,所述金属外套管的外径和内径分别为 D 和 d ,则感应膜的厚度 t 为:

$$[0018] \quad t = \frac{D-d}{2} \cdot h。$$

[0019] 进一步的,所述感应膜的厚度 t 的范围为 $0.2\text{mm} - 0.3\text{mm}$ 。

[0020] 进一步的,所述凹槽、感应膜、光纤光栅位置均相对应且个数相同,所述凹槽的个数至少为两个。

[0021] 进一步的,所述光纤孔的孔壁与金属外套管的内壁相切,两相切圆为内切关系。

[0022] 进一步的,所述密封槽设有密封圈。

[0023] 进一步的,多个所述的光纤光栅采用级联方式。

[0024] 进一步的,所述金属外套管采用耐腐蚀金属材料。

[0025] 本发明的有益效果是:

[0026] 一种基于级联光纤光栅的液位传感器工作方法及装置,具有大量程、范围可动态调整、一体化、探头式,以及抗电磁干扰,信号传递传输距离远和易于联网等优点,更好地适应于在深井中测量深液位,准确高效。本发明的创新点在于:

[0027] 传感器内部设置了气囊用于压紧光纤光栅,改变气囊内气压可以调节感应膜内外两侧的压差,实现深液位在设定范围内的精确测量;

[0028] 采用耐腐蚀金属外套管结构利于气囊的安装使用,结构简单,体积小,适于深井等特殊场景的安装使用;

[0029] 采用多个光纤光栅级联方式,可进行数据处理筛选分析,能有效减少装置的误报。

附图说明

[0030] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0031] 图1为本发明的结构示意图;

[0032] 图2为图1的B-B向剖视图;

[0033] 图3为实施例1中双波长的光纤光栅的波长1的数据处理分析示意图;

[0034] 图4为实施例1中双波长的光纤光栅的波长2的数据处理分析示意图;

[0035] 图5为实施例2中四波长的光纤光栅的波长1的数据处理分析示意图;

[0036] 图6为实施例2中四波长的光纤光栅的波长2的数据处理分析示意图;

[0037] 图7为实施例2中四波长的光纤光栅的波长3的数据处理分析示意图;

[0038] 图8为实施例2中四波长的光纤光栅的波长4的数据处理分析示意图;

[0039] 图中标记:1、光纤,2、光纤光栅,3、金属外套管,4、密封槽,5、感应膜,6、气囊,7、密封圈,8、封帽,9、光纤孔,10、凹槽。

具体实施方式

[0040] 下面给出具体实施例,对本发明的技术方案作进一步清楚、完整、详细地说明。本实施例是以本发明技术方案为前提的最佳实施例,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0041] 一种基于级联光纤光栅的液位传感器工作方法,包括以下步骤:

[0042] S1:金属外套管3的中部磨削出多个开口向外的凹槽10,具有一定深度的凹槽10处内形成感应膜5;光纤1上刻写至少两个光纤光栅2,光纤1穿过金属外套管3,使得光纤光栅2位于感应膜5处;

[0043] S2:光纤1拉紧,在金属外套管3的两端处光纤1与金属外套管3内壁胶粘固定;气囊6设在金属外套管3内并冲入气体使其膨胀,膨胀的气囊6将光纤光栅2紧压在感应膜5内壁;

[0044] S3:金属外套管3的两端通过密封圈7、密封槽4密封,外侧封帽8将装置密封,光纤1通过封帽8上的光纤孔9伸出装置与外联设备连接;

[0045] S4:液体压力作用在金属外套管3的外表面,感应膜5内外两侧产生压差从而发生较大形变,由于气囊6的挤压,光纤光栅2随感应膜5形变而产生应变,引起光纤光栅2反射中心波长的变化来测量液位;液体压力随着装置与液体上液面的距离发生变化,从而可实现液位的测量;

[0046] S5:液位测量范围动态调整的具体实施方法为:

[0047] S51:气囊6的初始压力为 P_1 时,传感器的测量范围为 H_1 到 H_2 ,则感应膜5内外两侧的压差为0到 P ,则 $P = (H_2 - H_1) \rho g$, ρ 为测量液体密度, g 为重力加速度;

[0048] S52:测量点深度增加 ΔH ,则传感器的测量范围变为 $(H_1 + \Delta H)$ 到 $(H_2 + \Delta H)$;为保证感应膜5内外两侧的压差为0到 P ,只需将气囊压力调整为 $(P_1 + \Delta H \rho g)$ 。

[0049] 进一步的,通过改变所述金属外套管3的材料、感应膜5的厚度、气囊6的气压来调节该液位传感器探头的量程以及灵敏度。

[0050] 进一步的,一种基于级联光纤光栅的液位传感器装置,包括光纤1、光纤光栅2、金属外套管3、密封槽4、感应膜5、气囊6、密封圈7、封帽8;

[0051] 所述金属外套管3的两端各设有密封槽4,密封槽4的外围相配合地设有封帽8,封帽8上开设与光纤1相配合的光纤孔9,光纤孔9的孔壁与金属外套管3的内壁相切;所述金属外套管3的中部磨削出多个凹槽10,所述凹槽10内形成感应膜5;所述光纤1上刻写至少两个光纤光栅2,光纤光栅2均与感应膜5位置相对应;所述光纤1贯穿所述金属外套管3,所述气囊6设在金属外套管3内。

[0052] 进一步的,所述凹槽10的深度为h,所述感应膜5的厚度为t,所述金属外套管3的外径和内径分别为D和d,则感应膜5的厚度t为:
$$t = \frac{D-d}{2} - h。$$

[0053] 进一步的,感应膜5的厚度t的范围为0.2mm-0.3mm。

[0054] 进一步的,所述凹槽10、感应膜5、光纤光栅2位置均相对应且个数相同,所述凹槽10的个数至少为两个。

[0055] 进一步的,所述光纤孔9的孔壁与金属外套管3的内壁相切,两相切圆为内切关系。

[0056] 进一步的,所述密封槽4设有密封圈7。

[0057] 进一步的,多个所述的光纤光栅2采用级联方式。

[0058] 进一步的,所述金属外套管3采用耐腐蚀金属材料。

[0059] 实施例1

[0060] 本实施例中,采用双波长的光纤光栅2即级联二栅的光纤光栅2,其裸纤自然状态下,波长数据:波长1为1543.105、波长2为1549.322;封装时对其施加预应力使得波长1、波长2均增加0.4nm左右。将其密封,并套加保护套管。最后对其进行水下测试;

[0061] 本装置应用测试数据如下表表1所示:

[0062] 表1实施例1的级联二栅的双波长光纤光栅2应用测试数据表

环境温度	25.4℃	
液位 (m)	波长 1(nm)	波长 2 (nm)
15	1543.754	1549.981
14	1543.739	1549.964
13	1543.725	1549.943
12	1543.702	1549.9 9
11	1543.686	1549.911
10	1543.665	1549.889
9	1543.646	1549.875
8	1543.627	1549.858
7	1543.608	1549.844
6	1543.591	1549.821
5	1543.575	1549.809
4	1543.553	1549.788
3	1543.538	1549.77
2	1543.516	1549.757
1	1543.5	1549.735

[0063]

[0064] 数据处理分析如图3和图4所示:图3为实施例1中双波长的光纤光栅的波长1的数据处理分析示意图;图4为实施例1中双波长的光纤光栅的波长2的数据处理分析示意图;由上述实验结果分析得波长1的灵敏度为18.46pm/m、波长2的灵敏度为17.65pm/m,且其线性度良好。

[0065] 实施例2

[0066] 本实施例中,对该装置的施加预应力进行了调整,并采用级联四栅的光纤光栅2进行实验,其裸纤自然状态下,波长数据:波长1为1543.098、波长2为1544.972、波长3为1549.436、波长4为1551.603封装时对其施加预应力使得波长1、2、3、4均增加0.6nm左右。将其密封,并套加保护套管。最后对其进行水下测试;

[0067] 本实施例的该装置应用测试数据如下表表2所示:

[0068] 表2实施例2的级联四栅的四波长光纤光栅2应用测试数据表

[0069]

环境温度	24.2℃			
液位 (m)	波长 1 (nm)	波长 2 (nm)	波长 3 (nm)	波长 4 (nm)
15	1544.071	1545.927	1550.307	1552.583
14	1544.047	1545.906	1550.293	1552.561
13	1544.027	1545.887	1550.28	1552.529
12	1543.993	1545.856	1550.257	1552.505
11	1543.96	1545.833	1550.234	1552.475
10	1543.938	1545.801	1550.204	1552.444
9	1543.91	1545.78	1550.191	1552.423
8	1543.887	1545.756	1550.165	1552.398
7	1543.854	1545.733	1550.14	1552.37
6	1543.828	1545.702	1550.121	1552.341
5	1543.803	1545.681	1550.096	1552.315
4	1543.776	1545.658	1550.076	1552.291
3	1543.749	1545.633	1550.053	1552.261
2	1543.718	1545.603	1550.028	1552.237
1	1543.699	1545.581	1550.003	1552.213

[0070] 数据处理分析如图5和图6和图7和图8所示:图5为实施例2中四波长的光纤光栅的波长1的数据处理分析示意图;图6为实施例2中四波长的光纤光栅的波长2的数据处理分析示意图;图7为实施例2中四波长的光纤光栅的波长3的数据处理分析示意图;图8为实施例2中四波长的光纤光栅的波长4的数据处理分析示意图;

[0071] 由上述实验结果分析得波长1的反应灵敏度为27.08pm/m、波长2的反应灵敏度为25.01pm/m、波长3的反应灵敏度为22.17pm/m、波长4的反应灵敏度为26.68pm/m。由上述两种实验方案及实验数据分析可得,该装置下的波长随液位呈线性变化,且具有较高灵敏度。由此可知该装置具有测试液位变化的能力。另该装置下的施加预应力的的大小可决定其反应灵敏度,当封装时施加的预应力变大时,其感应灵敏度随之增加,其测试精度亦随之增加。

[0072] 综上所述,本发明的一种基于级联光纤光栅的液位传感器工作方法及装置,具有大量程、范围可动态调整、一体化、探头式,以及抗电磁干扰,信号传递传输距离远和易于联网等优点,更好地适应于在深井中测量深液位,准确高效。

[0073] 以上显示和描述了本发明的主要特征、基本原理以及本发明的优点。本行业技术

人员应该了解,本发明不受上述实施例的限制,上述实施例和说明书中描述的只是说明本发明的原理,在不脱离本发明精神和范围的前提下,本发明还会根据实际情况有各种变化和进步,这些变化和进步都落入要求保护的本发明范围内。本发明要求保护范围由所附的权利要求书及其等效物界定。

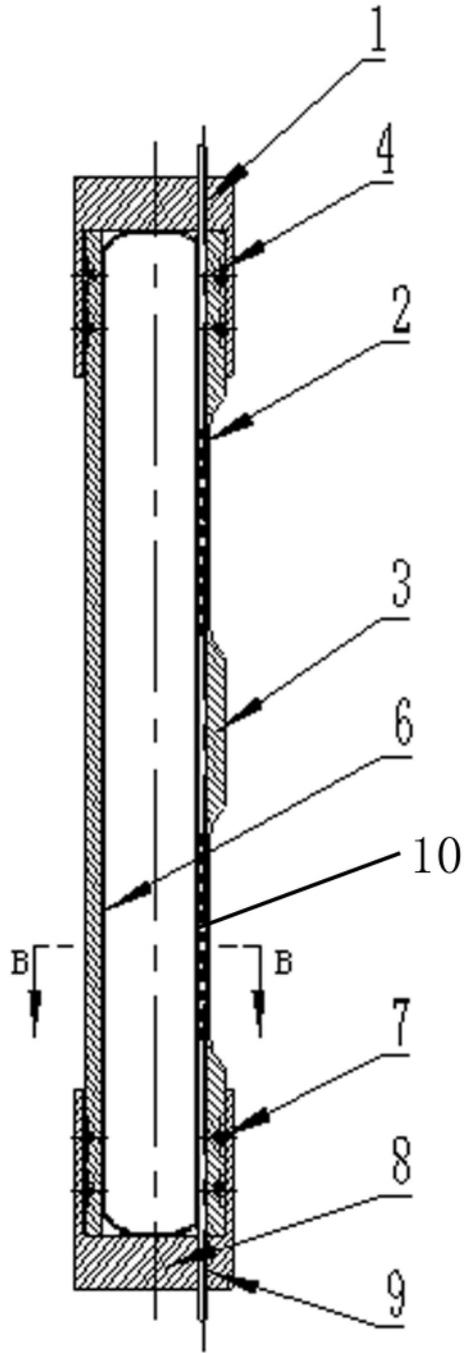


图1

B-B

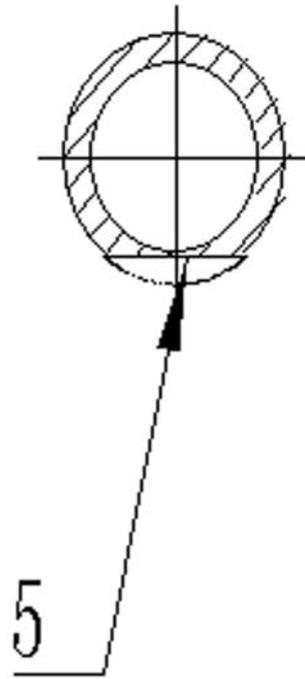


图2

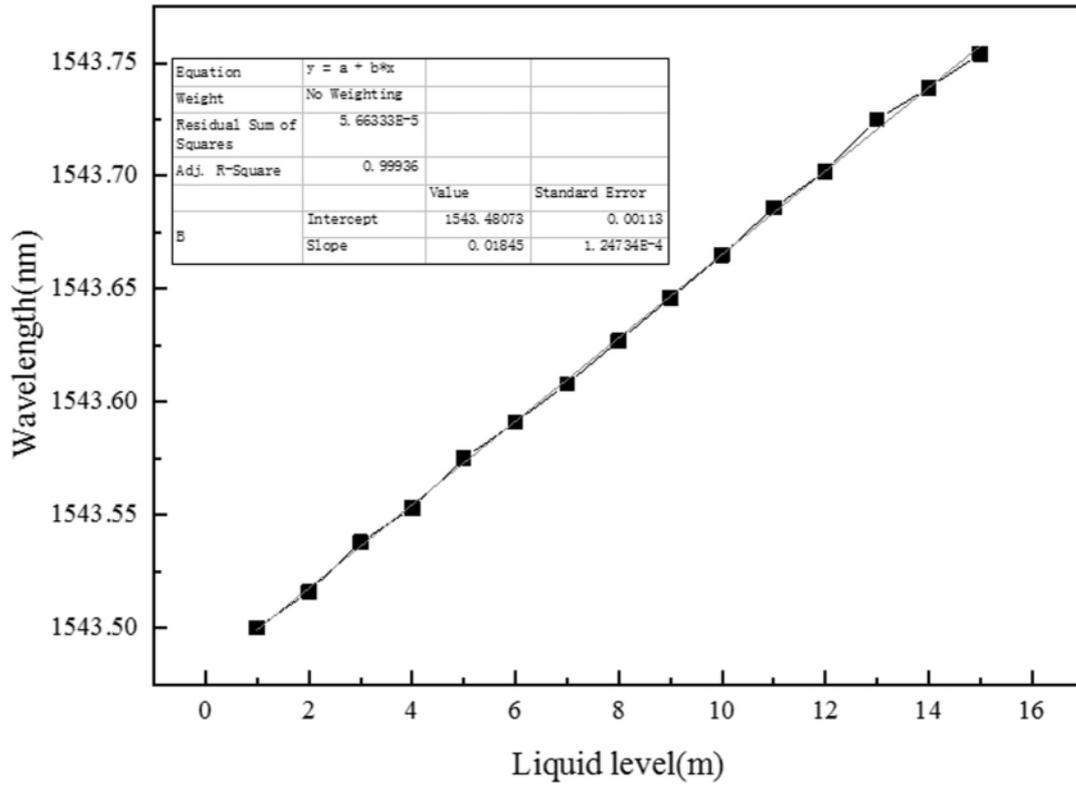


图3

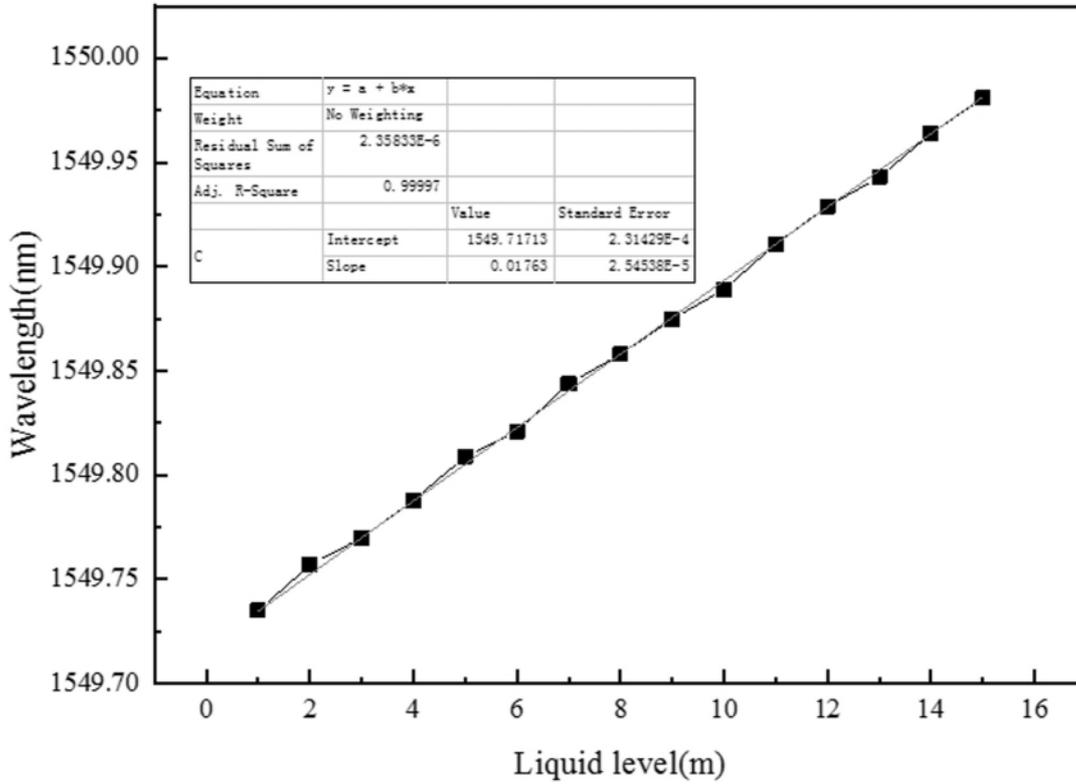


图4

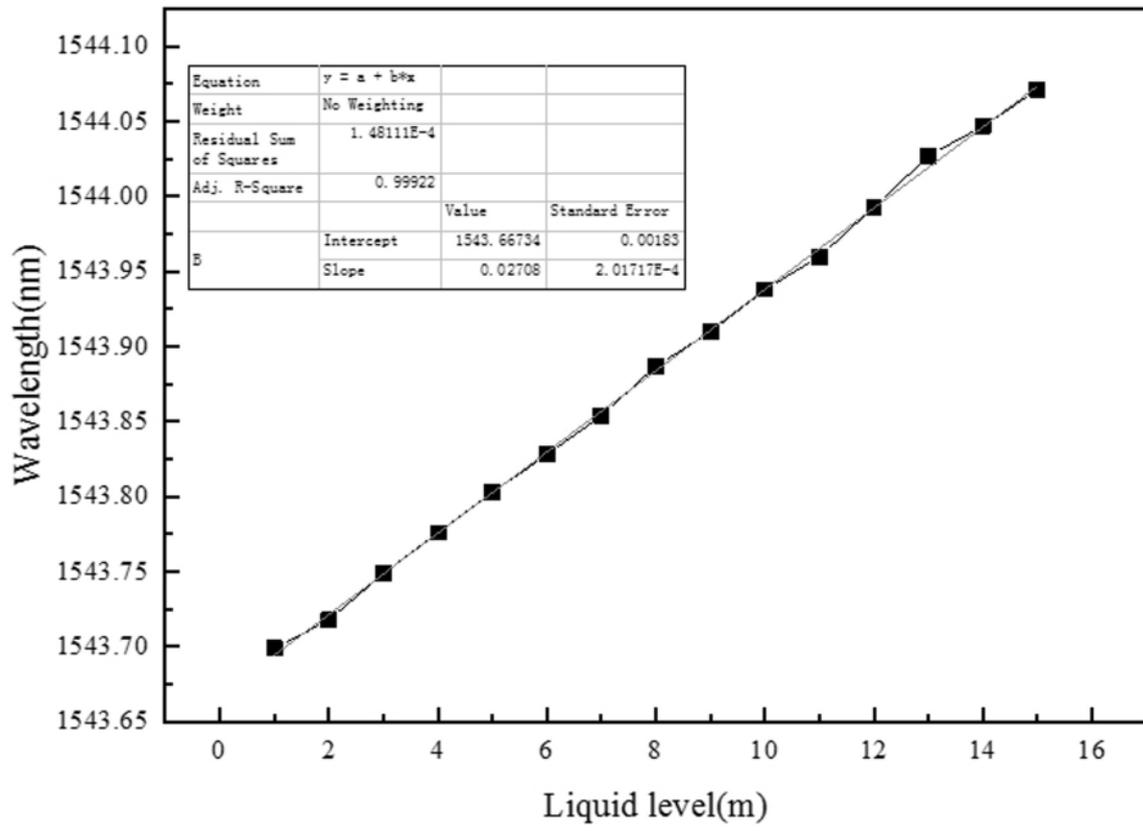


图5

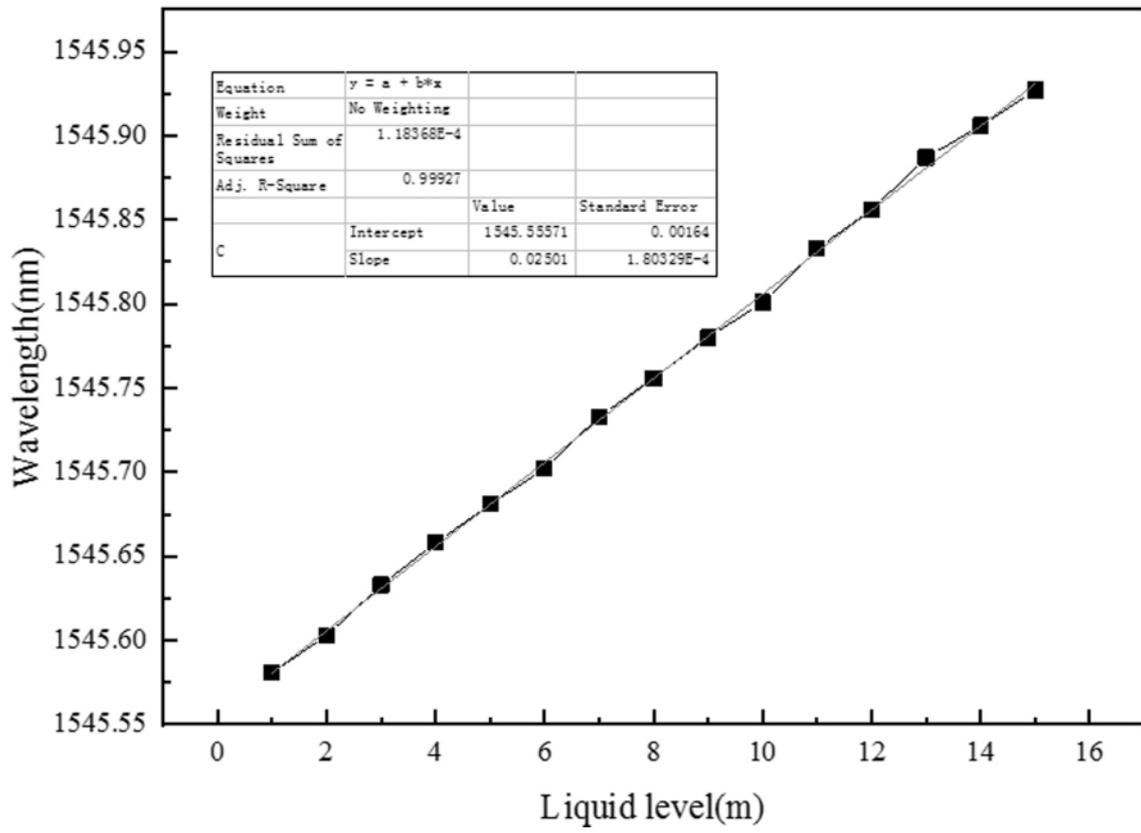


图6

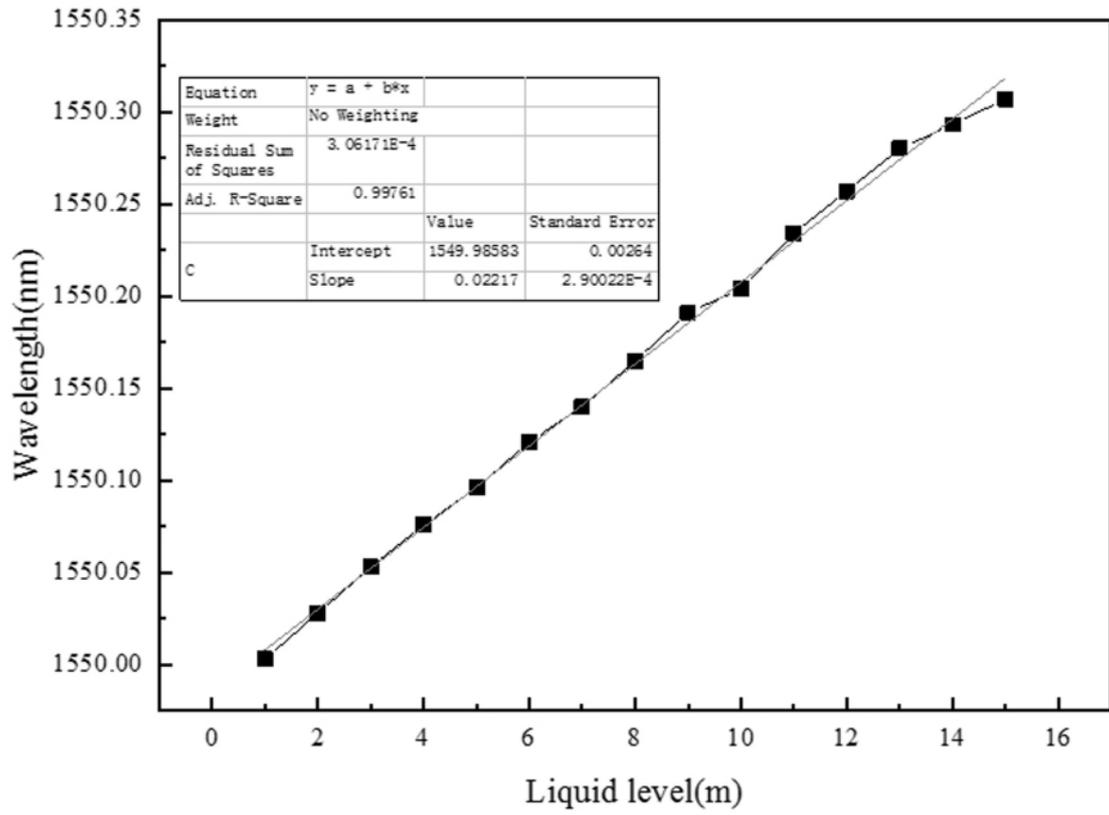


图7

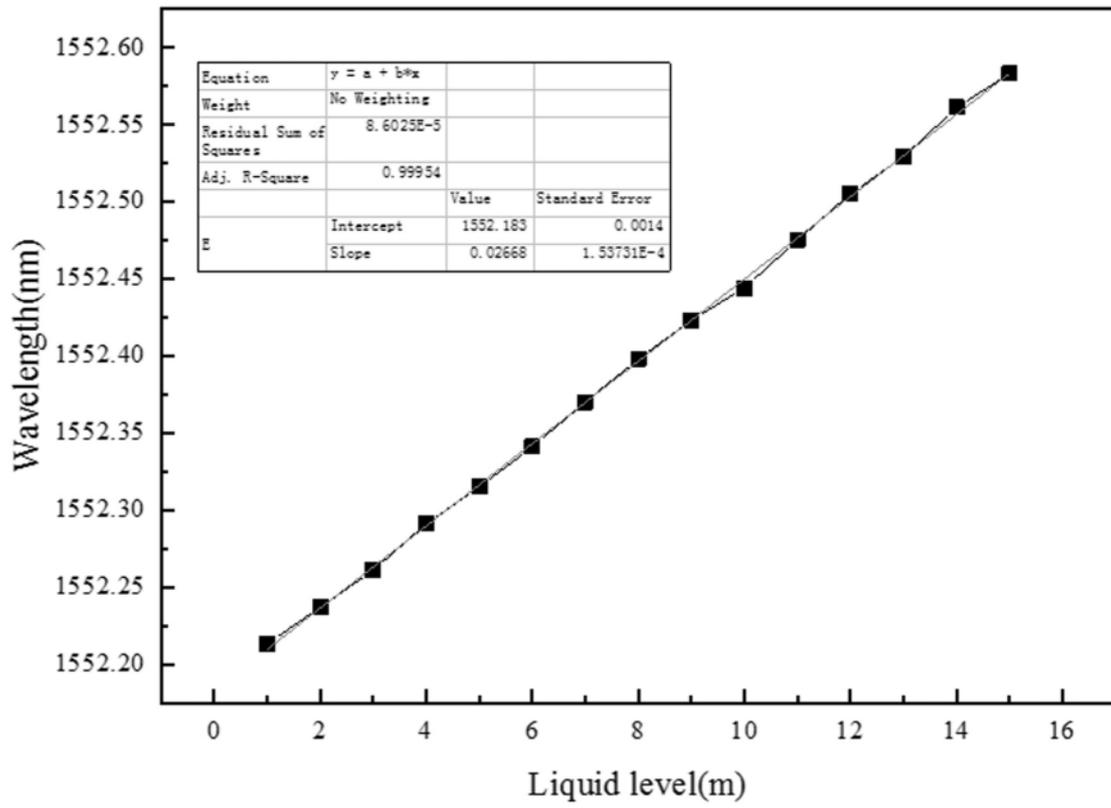


图8