

(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
2020 年 12 月 10 日 (10.12.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/243993 A1

(51) 国际专利分类号:
G01V 1/18 (2006.01) **G01V 1/22** (2006.01)

(FENG, Fan); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 518000 (CN)。

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/091794

(22) 国际申请日: 2019 年 6 月 18 日 (18.06.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201910488689.X 2019 年 6 月 6 日 (06.06.2019) CN

(71) 申请人: 山东科技大学(SHANDONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号王庆海, Shandong 518018 (CN)。

(72) 发明人: 刘奇(LIU, Qi); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。 陈绍杰(CHEN, Shaojie); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。 尹大伟(YIN, Dawei); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。 冯帆

(74) 代理人: 深圳国海智峰知识产权代理有限公司(普通合伙)(SHENZHEN GHZF INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY (GENERAL PARTNERSHIP)); 中国广东省深圳市坪山区坪山街道六和商业广场一期 H 座 703703, Guangdong 518118 (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。

(54) Title: PHOTOELECTRIC COMPOSITE GEOPHONE AND DETECTION SYSTEM

(54) 发明名称: 一种光电复合式地震检波器及检测系统

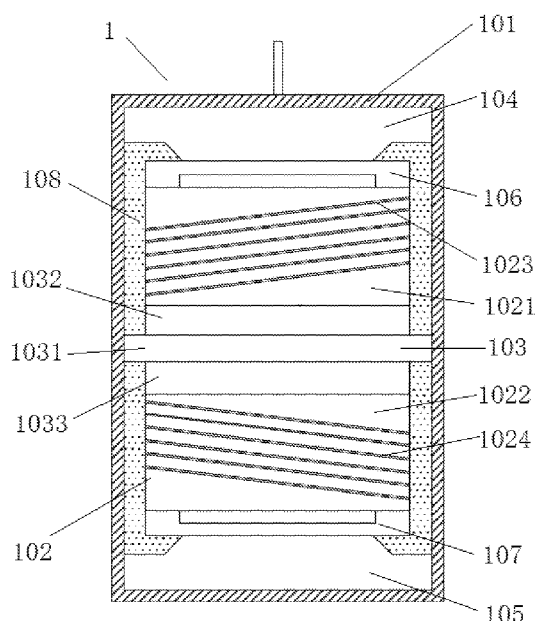


图 1

(57) Abstract: A photoelectric composite geophone (1), comprising a housing (101), an optical fiber detection assembly (102) and a piezoelectric detection assembly (103). The optical fiber detection assembly (102) comprises a first compliant cylinder (1021) and a second compliant cylinder (1022), which are coaxially arranged, and a first optical fiber (1023) fixedly wound around the first compliant cylinder (1021) in a clockwise manner, and a second optical fiber (1024) fixedly wound around the second compliant cylinder (1022) in an anticlockwise manner. The piezoelectric detection assembly (103) is located between a lower end face of the first compliant cylinder (1021) and an upper end face of the second compliant cylinder (1022), and comprises a detection base (1031), a first piezoelectric piece (1032) fixedly arranged on an upper surface of the detection base (1031), a second piezoelectric piece (1033) fixedly arranged on a lower surface of the detection base (1031), and an electrical signal transmission line (1034) electrically connected to the first piezoelectric piece (1032) and the second piezoelectric piece (1033). By means of simultaneous measurement of seismic waves by combining the optical fiber detection assembly (102) with the piezoelectric detection assembly (103), the photoelectric composite geophone (1) can more accurately obtain an actual parameter of a vibration signal and has higher accuracy and credibility.



(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: 一种光电复合式地震检波器(1), 包括外壳(101)以及光纤检波组件(102)、压电检波组件(103); 光纤检波组件(102)包括同轴线设置的第一顺变柱体(1021)、第二顺变柱体(1022), 以及顺时针固定缠绕在第一顺变柱体(1021)上的第一光纤(1023), 逆时针固定缠绕在第二顺变柱体(1022)上的第二光纤(1024); 压电检波组件(103)位于第一顺变柱体(1021)下端面与第二顺变柱体(1022)上端面之间, 包括检测基体(1031)、固定设置在检测基体(1031)上表面的第一压电片(1032)、固定设置在检测基体(1031)下表面的第二压电片(1033)、与第一压电片(1032)和第二压电片(1033)电连接的电信号传输线(1034)。光电复合式地震检波器(1)通过结合光纤检波组件(102)和压电检波组件(103)对地震波的同时测量, 能够更加准确地得出振动信号的实际参数, 具有更高的精确度和可信度。

一种光电复合式地震检波器及检测系统

本公开基于申请号为 201910488689.X、申请日为 2019 年 06 月 06 日的中国专利申请提出，并要求该中国专利申请的优先权，该中国专利申请的全部内容在此引入本申请作为参考

技术领域

本发明涉及地震检测技术领域，尤其涉及一种光电复合式地震检波器及检测系统。

背景技术

地震勘探是目前最常用的石油勘探和煤矿井下物理探测方法之一，它主要是利用人工震源在地层中产生的振动信号，在距离震源不同位置放置地震检波器采集振动信号，然后对信号进行相应的数据处理。

地震检波器是地震勘探常用的振动传感器，作为信号接收和采集的最前端设备，其特性参数直接影响地震数据采集结果的精度。现有的地震检波器多为电磁式，电磁式检波器具有抗外界干扰强，响应时间短，线性能力强等属性，现有电学检波器或地震计的加速度等效噪声一般在 $\mu\text{g} \cdot \text{Hz}^{-1/2}$ 甚至 $\text{ng} \cdot \text{Hz}^{-1/2}$ 量级以下，电磁式检波器的缺点在于测量时需要连续供电，且在恶劣的监测环境下难以应用。现有的地震检波器还有光纤式，光纤式可以弥补电磁式的缺点，但光纤类检波器的测量范围为 5-800Hz，对于岩爆（频率 0-10 Hz）类的振动是无法测量的。

发明内容

针对现有技术中的技术问题，本发明提供一种光电复合式地震检波器。

一种光电复合式地震检波器，包括外壳，安装在外壳内部的光纤检波组件以及压电检波组件，其中：

光纤检波组件包括同轴线设置的第一顺变柱体、第二顺变柱体，以及顺时针固定缠绕在第一顺变柱体上的第一光纤，逆时针固定缠绕在第二顺变柱体上的第二光纤；第一光纤与第二光纤的一端均与外部光源连接，另一端均设有反

射镜；

压电检波组件位于第一顺变柱体下端面与第二顺变柱体上端面之间，且压电检波组件包括检测基体，固定设置在检测基体上表面的第一压电片，固定设置在检测基体下表面的第二压电片，与第一压电片、第二压电片电连接的电信号传输线；

光纤检波组件检测地震信号并将对应光信号通过第一光纤和第二光纤向外传输，压电检波组件检测地震信号并将对应电信号通过电信号传输线向外传输。

进一步的，第一顺变柱体与第二顺变柱体均为圆柱形硅胶柱体。

进一步的，还包括用于限制第一顺变柱体和第二顺变柱体活动幅度的第一基座和第二基座，其中：

第一基座安装在第一顺变柱体上端面与外壳之间；

第二基座安装在第二顺变柱体下端面与外壳之间。

进一步的，还包括第一弹簧与第二弹簧，其中：

第一弹簧安装于第一基座与第一顺变柱体之间；

第二弹簧安装于第二基座与第二顺变柱体之间。

进一步的，还包括填充在外壳与第一顺变柱体侧面、第二顺变柱体侧面之间的保护填充物。

进一步的，第一顺变柱体、压电检波组件、第二顺变柱体在轴线方向设有等半径信号传输通道，第一光纤、第二光纤、电信号传输线经信号传输通道向外传输光信号或电信号。

进一步的，第一光纤与第二光纤均为单模光纤。

一种地震检测系统，包括光电复合式地震检波器，激光光源，连接在激光光源和光电复合式地震检波器之间的耦合器，与耦合器连接的光信号处理单元，与光电复合式地震检波器电连接的信号转换单元，与信号转换单元电连接的上位机，其中：

光电复合式地震检波器为上述的光电复合式地震检波器；

第一光纤、第二光纤与耦合器连接，并将光信号发送至光信号处理单元进行计算处理；

电信号传输线与信号转换单元电连接，信号转换单元将电信号转化后发送

至上位机进行计算处理。

进一步的，检测系统包括至少两个光电复合式地震检波器。

进一步的，光信号处理单元与上位机均通过小波包去噪处理光信号和电信号。

本实施例的光电复合式地震检波器，通过结合光纤检波组件和压电检波组件对地震波的同时测量，能够更加准确地得出振动信号的实际参数，具有更高的精确度和可信度；一方面，光纤检波组件中顺时针缠绕在第一顺变柱体上的第一光纤和逆时针缠绕在第二顺变柱体上的第二光纤形成差分式的测量关系，其分别产生的光信号做差就可消除大部分干扰信号，所以光纤检波组件的结构设计合理，所测结果准确度高；另一方面，压电检波组件是在已设计的光纤检波组件的基础上，利用压电效应的原理将第一顺变柱体和第二顺变柱体所在环境的振动信息转化为电信号进行采集，作为振动信息的另一种测量方式，压电检波组件能够测量到微小的形变信息，所以响应速度快且对高频信号的接收能力强。

附图说明

为了更清楚的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的介绍，显而易见的，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它附图。

图1为本发明实施例的一种光电复合式地震检波器内部结构示意图；

图2为本发明实施例的一种光电复合式地震检波器截面示意图；

图3为本发明实施例的一种地震检测系统的结构组成图；

其中：1-光电复合式地震检波器、101-外壳、102-光纤检波组件、1021-第一顺变柱体、1022-第二顺变柱体、1023-第一光纤、1024-第二光纤、103-压电检波组件、1031-检测基体、1032-第一压电片、1033-第二压电片、1034-电信号传输线、104-第一基座、105-第二基座、106-第一弹簧、107-第二弹簧、108-保护填充物、109-信号传输通道、2-激光光源、3-耦合器、4-光信号处理单元、5-信号转换单元、6-上位机。

具体实施方式

下面将结合本发明中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整的描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通的技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其它实施例，都属于本发明的保护范围。

如图 1 与图 2 所示，本发明实施例的一种光电复合式地震检波器 1，包括外壳 101，安装在外壳 101 内部的光纤检波组件 102 以及压电检波组件 103，其中：

光纤检波组件 102 包括同轴线设置的第一顺变柱体 1021、第二顺变柱体 1022，以及顺时针固定缠绕在第一顺变柱体 1021 上的第一光纤 1023，逆时针固定缠绕在第二顺变柱体 1022 上的第二光纤 1024；第一光纤 1023 与第二光纤 1024 的一端均与外部光源连接，另一端均设有反射镜；压电检波组件 103 位于第一顺变柱体 1021 下端面与第二顺变柱体 1022 上端面之间，且压电检波组件 103 包括检测基体 1031，固定设置在检测基体 1031 上表面的第一压电片 1032，固定设置在检测基体 1031 下表面的第二压电片 1033，与第一压电片 1032、第二压电片 1033 电连接的电信号传输线 1034；光纤检波组件 102 检测地震信号并将对应光信号通过第一光纤 1023 和第二光纤 1024 向外传输，压电检波组件 103 检测地震信号并将对应电信号通过电信号传输线 1034 向外传输。

本实施例的光纤检波组件 102 中，用于检测的光信号经第一光纤 1023 以及第二光纤 1024 的一端输入，并通过设在第一光纤 1023 和第二光纤 1024 另一端的反射镜将光信号返回，被返回的光信号作为测量信号进行下一步处理分析。当第一顺变柱体 1021 与第二顺变柱体 1022 在地震波的作用下发生相对位移时，本实施例的光纤检波组件 102 将物理场的变化转换为光纤的径向应变和纵向应变，所以第一光纤 1023 和第二光纤 1024 向外传输的光信号中包含与应变效果相对应的测量信息，对该测量信息进行分析计算继而得出测量结果。本实施例中第一光纤 1023、第二光纤 1024 的缠绕方向相反，在某一检测时间段，第一顺变柱体 1021 和第二顺变柱体 1022 所受的力相同，但转化为光纤应变的过程中，对应产生的光信号并不相同，将第一光纤 1023 和第二光纤 1024 的光信号输出后通过差分运算，能够得到更为准确的测量结果，同时也增加了光纤检波组件

102 的传感灵敏度。

本实施例中第一顺变柱体 1021、第二顺变柱体 1022 作为换能元件，其具有弹性系数低的特性，因此光纤检波组件 102 的固有频率较低，更适合对低频地震波的检测。本实施例中的第一顺变柱体 1021、第二顺变柱体 1022 可选用硅胶材质制成，外部形状设计为圆柱体，本实施例中的第一光纤 1023、第二光纤 1024 采用小曲率半径的单模光纤。本实施例中，第一光纤 1023 顺时针缠绕在第一顺变柱体 1021 上，相对应的，第二光纤 1024 逆时针缠绕在第二顺变柱体 1022 上，此处并没有具体限定第一光纤 1023 或者第二光纤 1024 的首端与尾端，只是说明第一光纤 1023 和第二光纤 1024 的缠绕方向相反，能够实现差分测量即可，具体的缠绕方式由本领域技术人员在实践中自行设计即可，除缠绕方向不同之外应尽可能的选用相同的工作参数，以保证测量误差最小化。

本实施例中的压电检波组件 103，位于第一顺变柱体 1021 下端面与第二顺变柱体 1022 上端面之间，将第一顺变柱体 1021 和第二顺变柱体 1022 分隔在两个腔体内分别进行检测。本实施例的检测基体 1031 的上表面和下表面分别固定设置有第一压电片 1032 和第二压电片 1033，第一顺变柱体 1021 受地震波发生位移时对第一压电片 1032 产生压力，第二顺变柱体 1022 受地震波发生位移时对第二压电片 1033 产生压力；第一压电片 1032 与第二压电片 1033 通过电信号传输线 1034 将检测信号向外输出。本实施例不限定第一压电片 1032 和第二压电片 1033 的具体产品型号，可选用一组或者多组压电陶瓷片实现本方案的设计目的。

本实施例的光电复合式地震检波器，通过结合光纤检波组件和压电检波组件对地震波的同时测量，能够更加准确地得出振动信号的实际参数，具有更高的精确度和可信度；一方面，光纤检波组件中顺时针缠绕在第一顺变柱体上的第一光纤和逆时针缠绕在第二顺变柱体上的第二光纤形成差分式的测量关系，其分别产生的光信号做差就可消除大部分干扰信号，所以光纤检波组件的结构设计合理，所测结果准确度高；另一方面，压电检波组件是在已设计的光纤检波组件的基础上，利用压电效应的原理将第一顺变柱体和第二顺变柱体所在环境的振动信息转化为电信号进行采集，作为振动信息的另一种测量方式，压电检波组件能够测量到微小的形变信息，所以响应速度快且对高频信号的接收能

力强。

具体的，本实施例的光电复合式地震检波器 1 在上一实施例的基础上，还包括用于限制第一顺变柱体 1021 和第二顺变柱体 1022 活动幅度的第一基座 104 和第二基座 105，其中：第一基座 104 安装在第一顺变柱体 1021 上端面与外壳 101 之间；第二基座 105 安装在第二顺变柱体 1022 下端面与外壳 101 之间。如图 1 所示，第一基座 104 与第二基座 105 的设计目的在于限定第一顺变柱体 1021 和第二顺变柱体 1022 活动幅度。由于第一光纤 1023 和第二光纤 1024 通过其径向或者纵向的形变使其传输的光信号发生光相位变化，所以为保证第一光纤 1023 和第二光纤 1024 的测量能够在正常测量范围之内，需要限定第一顺变柱体 1021 和第二顺变柱体 1022 的振动幅度。本实施例的第一基座 104、第二基座 105 可采用金属制成，例如铝；将第一基座 104 和第二基座 105 均固定在外壳 101 上，壳体 101 与第一基座 104、第二基座 105 之间可设置密封圈，进而保证外壳内部器件的密封性。

具体的，如图 1 与图 2 所示，本实施例的光电复合式地震检波器 1 还包括第一弹簧 106 与第二弹簧 107，其中：第一弹簧 106 安装于第一基座 104 与第一顺变柱体 1021 之间；第二弹簧 107 安装于第二基座 105 与第二顺变柱体 1022 之间。为保证第一顺变柱体 1021 和第二顺变柱体 1022 因振动发生位移后，因本实施例中的第一弹簧 106 和第二弹簧 107 分别与第一顺变柱体 1021 和第二顺变柱体 1022 之间存在弹力，所以第一弹簧 106 使第一顺变柱体 1021 恢复到原始位置，第二弹簧 107 使第二顺变柱体 1022 恢复到原始位置，提高后续检测准确度。

具体的，如图 1 与图 2 所示，本实施例的光电复合式地震检波器 1 还包括填充在外壳 101 与第一顺变柱体 1021 侧面、第二顺变柱体 1022 侧面之间的保护填充物 108。本实施例的保护填充物 108 可以对第一顺变柱体 1021、第二顺变柱体 1022 的移动空间有一定的限定和缓冲作用，一般可选用聚氨酯材质实现。

具体的，如图 1 与图 2 所示，本实施例中的第一顺变柱体 1021、压电检波组件 103、第二顺变柱体 1022 在轴线方向设有等半径的信号传输通道 109，第一光纤 1023、第二光纤 1024、电信号传输线 1034 经信号传输通道 109 向外传输光信号或电信号。光信号的传输依靠于第一光纤 1023 和第二光纤 1024，电信

号的传输依靠于电信号传输线 1034，为使整个光电复合式地震检波器 1 的结构更加紧凑美观，本实施例在轴线方向开设有信号传输通道 109，第一光纤、1023 第二光纤 1024 以及电信号传输线 1034 通过信号传输通道 109 实现测量信息的传送。

具体的，本发明实施例中的第一光纤 1023 与第二光纤 1024 均为单模光纤。单模光纤与多模光纤相比，具有色散低、损耗小的优点，同时单模光纤对外界的磁场、振动、加速度、温度等极其敏感，应用在本方案中具备较高的灵敏度。

如图 3 所示，本发明另一种实施例为地震检测系统，包括光电复合式地震检波器 1，激光光源 2，连接在激光光源 2 和光电复合式地震检波器 1 之间的耦合器 3，与耦合器 3 连接的光信号处理单元 4，与光电复合式地震检波器 1 电连接的信号转换单元 5，与信号转换单元 5 电连接的上位机 6，其中：光电复合式地震检波器 1 为上述实施例中的光电复合式地震检波器 1；第一光纤 1023、第二光纤 1024 与耦合器 3 连接，并将光信号发送至光信号处理单元 4 进行计算处理；电信号传输线 1034 与信号转换单元 5 电连接，信号转换单元 5 将电信号转化后发送至上位机 6 进行计算处理。

本实施例的地震检测系统具体工作过程为：激光光源 2 向耦合器 3 发射激光光束，本实施例中激光光源 2 与耦合器 3 之间，以及耦合器 3 与光信号处理单元 4 之间的光信号传输采用光纤实现；耦合器 3 将激光光束分为两束分别由第一光纤 1023 和第二光纤 1024 传输测量；光信号传输至第一光纤 1023 或第二光纤 1024 的端部时由反射镜进行反射，按照原传输路径射回；在光信号传输的过程中如果外界出现振动使第一光纤 1023 或者第二光纤 1024 发生形变，进而影响光信号的光相位；当耦合器 3 接收到第一光纤 1023 和第二光纤 1024 返回的光信号后，将两束测量光进行整合并输送至光信号处理单元 4 进行分析计算。与此同时，第一压电片 1032 和第二压电片 1033 在受到第一顺变柱体 1021、第二顺变柱体 1022 的压力后产生对应的电信号，并通过电信号传输线 1034 传输至信号转换单元 5，信号转换单元 5 将电信号转化为数字信号后由上位机 6 进行计算分析。本实施例的光信号处理单元 4 具备将光信号转化为电信号或者数字信号的功能，并能够对转化后的信号进行进一步的计算分析。优选的，本实施例的光信号处理单元 4 与上位机 6 连接，上位机 6 将光信号对应的测量数据和

电信号对应的测量数据进行统一的计算分析，经由多组数据的计算统计将得出这两种测量方式的相互关联，继而得到更加精准的测量结果。

具体的，本实施例中的检测系统包括至少两个光电复合式地震检波器 1。为使光电复合式地震检波器 1 的测量结果更加准确，本实施例设置至少两个光电复合式地震检波器 1 同时进行测量，所测光信号统一由光信号处理单元 4 进行分析处理，所测电信号由上位机 6 进行处理。本实施例的检测系统设置数量越多的光电复合式地震检波器 1，则所测结果更趋于真实值，可信度也更高。

具体的，本实施例的光信号处理单元 4 与上位机 6 均通过小波包去噪处理光信号和电信号。在信号采集的过程中因周边环境的影响，所采集的数据必定会掺杂噪声，所以对信号分析之前，需对其进行降噪处理以减少干扰还原真实信号，便于真实信号的特征提取。小波包去噪具体步骤如下：

- (1) 通过“熵”准则确定小波基；
- (2) 确定信号分解的层数 N；
- (3) 为每一层的分解系数设定阈值；
- (4) 对处理后的信号重构，得到真实信号。

在对信号进行去噪时，选取的小波基尽量满足如下原则：①对称性，②正则性，可有效地降低分解后的信号产生相位畸变的可能性，使得重构后的信号真实、平滑。通过大量实验，选择 sym6 小波时，分解后的信号经过重构得到的波形能整体反映原始信号；同时小波包分解的层数是另一个重要的参数，它决定着分解时系统的计算量，随着分解层数的增加，去噪的效果由强趋于不变，同时计算量会随着分解层数的增加而指数倍的增加，这需要通过试验获取到最佳的分解层数。小波包去噪对信号有更强的分解能力，分解时能够同时得到信号的高频和低频信息，使得重构信号更加贴近原始信号。

以上借助具体实施例对本发明做了进一步描述，但是应该理解的是，这里具体的描述，不应理解为对本发明的实质和范围的限定，本领域内的普通技术人员在阅读本说明书后对上述实施例做出的各种修改，都属于本发明所保护的范围。

权 利 要 求 书

1、一种光电复合式地震检波器，其特征在于，包括外壳，安装在所述外壳内部的光纤检波组件以及压电检波组件，其中：

所述光纤检波组件包括同轴线设置的第一顺变柱体、第二顺变柱体，以及顺时针固定缠绕在所述第一顺变柱体上的第一光纤，逆时针固定缠绕在所述第二顺变柱体上的第二光纤；所述第一光纤与所述第二光纤的一端均与外部光源连接，另一端均设有反射镜；

所述压电检波组件位于所述第一顺变柱体下端面与所述第二顺变柱体上端面之间，且所述压电检波组件包括检测基体，固定设置在所述检测基体上表面的第一压电片，固定设置在所述检测基体下表面的第二压电片，与所述第一压电片、所述第二压电片电连接的电信号传输线；

所述光纤检波组件检测地震信号并将对应光信号通过所述第一光纤和所述第二光纤向外传输，所述压电检波组件检测地震信号并将对应电信号通过所述电信号传输线向外传输。

2、如权利要求 1 所述的一种光电复合式地震检波器，其特征在于，所述第一顺变柱体与所述第二顺变柱体均为圆柱形硅胶柱体。

3、如权利要求 2 所述的一种光电复合式地震检波器，其特征在于，还包括用于限制所述第一顺变柱体和所述第二顺变柱体活动幅度的第一基座和第二基座，其中：

所述第一基座安装在所述第一顺变柱体上端面与所述外壳之间；

所述第二基座安装在所述第二顺变柱体下端面与所述外壳之间。

4、如权利要求 3 所述的一种光电复合式地震检波器，其特征在于，还包括第一弹簧与第二弹簧，其中：

所述第一弹簧安装于所述第一基座与所述第一顺变柱体之间；

所述第二弹簧安装于所述第二基座与所述第二顺变柱体之间。

5、如权利要求 3 所述的一种光电复合式地震检波器，其特征在于，还包括填充在所述外壳与所述第一顺变柱体侧面、所述第二顺变柱体侧面之间的保护填充物。

6、如权利要求 5 所述的一种光电复合式地震检波器，其特征在于，所述第一顺变柱体、所述压电检波组件、所述第二顺变柱体在轴线方向设有等半径信号传输通道，所述第一光纤、所述第二光纤、所述电信号传输线经所述信号传输通道向外传输光信号或电信号。

7、如权利要求 1 所述的一种光电复合式地震检波器，其特征在于，所述第一光纤与所述第二光纤均为单模光纤。

8、一种地震检测系统，其特征在于，包括光电复合式地震检波器，激光光源，连接在所述激光光源和所述光电复合式地震检波器之间的耦合器，与所述耦合器连接的光信号处理单元，与所述光电复合式地震检波器电连接的信号转换单元，与所述信号转换单元电连接的上位机，其中：

所述光电复合式地震检波器为权利要求 1-7 中任一项所述的光电复合式地震检波器；

所述第一光纤、所述第二光纤与所述耦合器连接，并将光信号发送至所述光信号处理单元进行计算处理；

所述电信号传输线与所述信号转换单元电连接，所述信号转换单元将电信号转化后发送至所述上位机进行计算处理。

9、如权利要求 8 所述的一种地震检测系统，其特征在于，所述检测系统包括至少两个所述光电复合式地震检波器。

10、如权利要求 9 所述的一种地震检测系统，其特征在于，所述光信号处理单元与所述上位机均通过小波包去噪处理光信号和电信号。

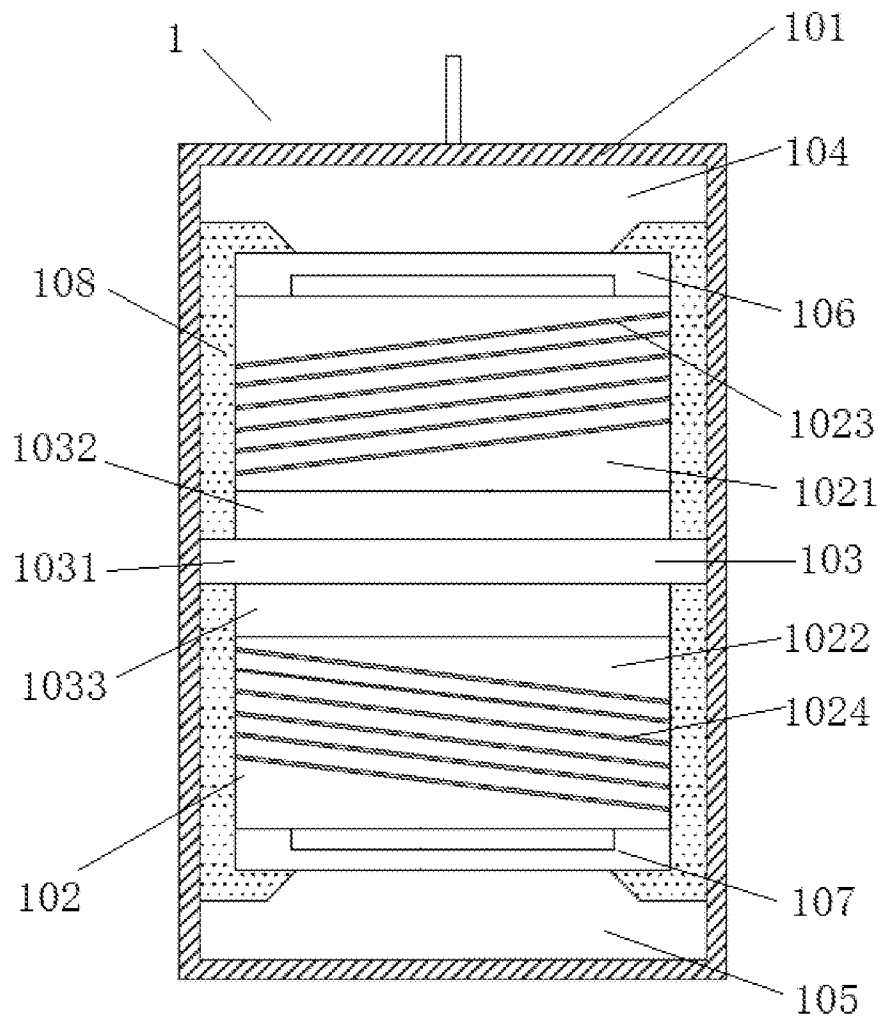


图 1

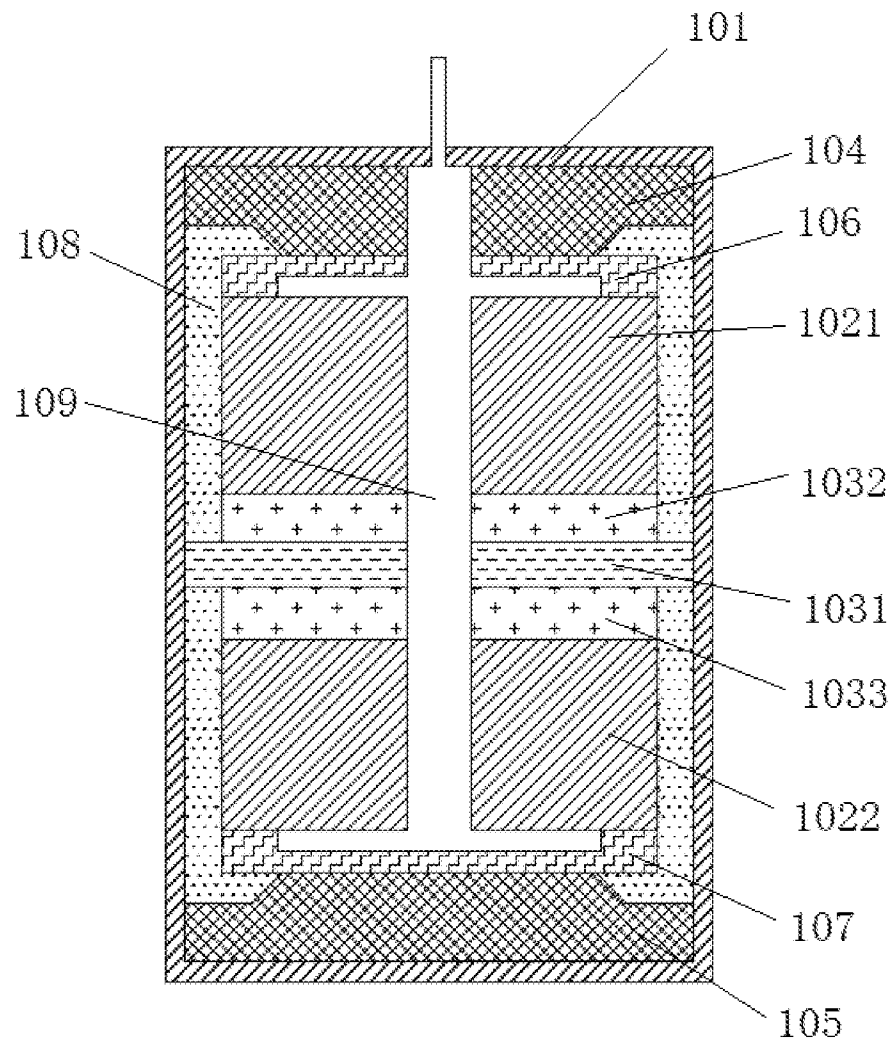


图 2

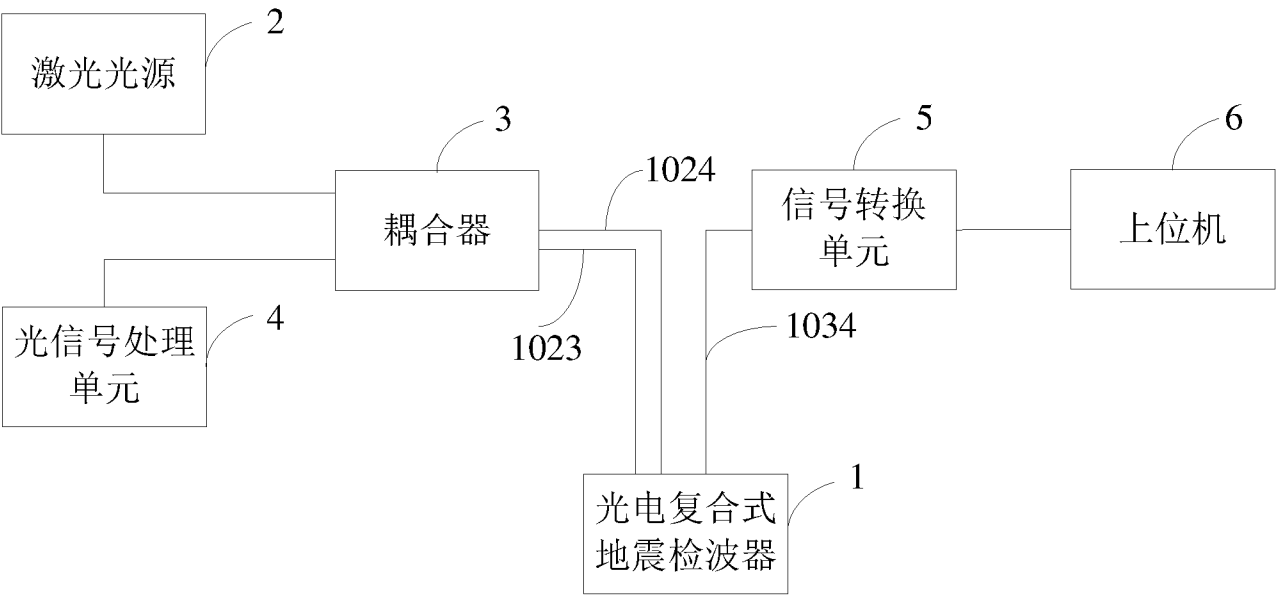


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/091794

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01V 1/18(2006.01)i; G01V 1/22(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)

G01V1/-;G01H9/-;G01B11/-

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)

CNPAT, CNKI, EPODOC, WPI: 山东科技大学, 光电, 复合, 组合, 地震检波器, 地震计, 振动传感器, 光纤, 压电, 顺变柱体, 换能, 臂, photoelectric, optical, electrical, composite, earthquake, seismic detector, detect+, vibrat+, oscillation, fiber, sensor, piezoelectric, column, post, arm

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 2599600 Y (TIANJIN UNIVERSITY) 14 January 2004 (2004-01-14) description, page 1, and figure 1	1-10
Y	CN 106291668 A (XI'AN SHIYOU UNIVERSITY) 04 January 2017 (2017-01-04) description, paragraphs [0021]-[0032], and figures 1 and 2	1-10
A	CN 104749615 A (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY) 01 July 2015 (2015-07-01) entire document	1-10
A	CN 102927912 A (HARBIN ENGINEERING UNIVERSITY) 13 February 2013 (2013-02-13) entire document	1-10
A	CN 201155991 Y (WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 26 November 2008 (2008-11-26) entire document	1-10
A	CN 104237934 A (CHINA UNIVERSITY OF GEOSCIENCES) 24 December 2014 (2014-12-24) entire document	1-10



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

16 February 2020

Date of mailing of the international search report

26 February 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

**China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)**
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/091794**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 206523645 U (PEGASUS ZHUHAI OPTOELECTRONICS CO., LTD.) 26 September 2017 (2017-09-26) entire document	1-10
A	CN 108627869 A (HUBEI WENSUO PHOTOELECTRIC TECH CO., LTD. et al.) 09 October 2018 (2018-10-09) entire document	1-10
A	JP 2011085487 A (NITTETSU JUKIN YOSETSU KOGYO K.K. et al.) 28 April 2011 (2011-04-28) entire document	1-10
A	US 4322829 A (DYNAMIC SYSTEMS, INC.) 30 March 1982 (1982-03-30) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/091794

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	2599600	Y	14 January 2004	None			
CN	106291668	A	04 January 2017	None			
CN	104749615	A	01 July 2015	CN	104749615	B	30 June 2017
CN	102927912	A	13 February 2013	CN	102927912	B	27 May 2015
CN	201155991	Y	26 November 2008	None			
CN	104237934	A	24 December 2014	None			
CN	206523645	U	26 September 2017	None			
CN	108627869	A	09 October 2018	CN	208367226	U	11 January 2019
JP	2011085487	A	28 April 2011	JP	5300077	B2	25 September 2013
US	4322829	A	30 March 1982	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/091794

A. 主题的分类

G01V 1/18(2006.01)i; G01V 1/22(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)

G01V1/-;G01H9/-;G01B11/-

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))

CNPAT, CNKI, EPDOC, WPI: 山东科技大学, 光电, 复合, 组合, 地震检波器, 地震计, 振动传感器, 光纤, 压电, 顺变柱体, 换能, 臂, photoelectric, optical, electrical, composite, earthquake, seismic detector, detect+, vibrat+, oscillation, fiber, sensor, piezoelectric, column, post, arm

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
Y	CN 2599600 Y (天津大学) 2004年 1月 14日 (2004 - 01 - 14) 说明书第1页, 图1	1-10
Y	CN 106291668 A (西安石油大学) 2017年 1月 4日 (2017 - 01 - 04) 说明书第[0021]-[0032]段, 图1-2	1-10
A	CN 104749615 A (中南大学) 2015年 7月 1日 (2015 - 07 - 01) 全文	1-10
A	CN 102927912 A (哈尔滨工程大学) 2013年 2月 13日 (2013 - 02 - 13) 全文	1-10
A	CN 201155991 Y (武汉理工大学) 2008年 11月 26日 (2008 - 11 - 26) 全文	1-10
A	CN 104237934 A (中国地质大学) 2014年 12月 24日 (2014 - 12 - 24) 全文	1-10
A	CN 206523645 U (珠海任驰光电科技有限公司) 2017年 9月 26日 (2017 - 09 - 26) 全文	1-10

☒ 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

2020年 2月 16日

国际检索报告邮寄日期

2020年 2月 26日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

赵士祯

电话号码 86-(10)-53962374

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
A	CN 108627869 A (湖北文索光电科技有限公司 等) 2018年 10月 9日 (2018 - 10 - 09) 全文	1-10
A	JP 2011085487 A (NITTETSU JUKIN YOSETSU KOGYO K. K. 等) 2011年 4月 28日 (2011 - 04 - 28) 全文	1-10
A	US 4322829 A (DYNAMIC SYSTEMS, INC.) 1982年 3月 30日 (1982 - 03 - 30) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/091794

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	2599600	Y	2004年 1月 14日	无	
CN	106291668	A	2017年 1月 4日	无	
CN	104749615	A	2015年 7月 1日	CN 104749615	B 2017年 6月 30日
CN	102927912	A	2013年 2月 13日	CN 102927912	B 2015年 5月 27日
CN	201155991	Y	2008年 11月 26日	无	
CN	104237934	A	2014年 12月 24日	无	
CN	206523645	U	2017年 9月 26日	无	
CN	108627869	A	2018年 10月 9日	CN 208367226	U 2019年 1月 11日
JP	2011085487	A	2011年 4月 28日	JP 5300077	B2 2013年 9月 25日
US	4322829	A	1982年 3月 30日	无	