

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G01K 11/32 (2006.01)



[12] 实用新型专利说明书

专利号 ZL 200620034197.1

[45] 授权公告日 2007年5月2日

[11] 授权公告号 CN 2896250Y

[22] 申请日 2006.5.15

[21] 申请号 200620034197.1

[73] 专利权人 四川莱威科技有限公司

地址 610065 四川省成都市建设北路76号通
美大厦20-08号

[72] 设计人 刘永智 代志勇 彭增寿 欧中华
张利勋 胡浩

[74] 专利代理机构 成都赛恩斯专利代理事务所
代理人 肖国华

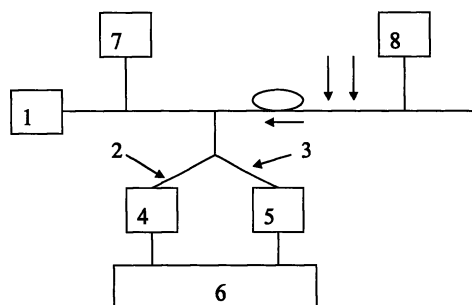
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

[54] 实用新型名称

一种分布式光纤温度传感器

[57] 摘要

本实用新型公开了一种分布式光纤温度传感器，包括脉冲激光光源1、传感光纤、光探测器4和5以及信号处理单元6，其脉冲激光由所述光源1注入传感光纤，沿光纤传输光所产生的后向反斯托克斯散射光2与瑞利散射光3经分束和滤波后分别到达所述光探测器4和5，转换为电信号后进入所述信号处理单元6，其特征在于，所述光纤温度传感器还设置有连续泵浦光源。该实用新型技术将有效提高传感器的性能，温度分辨率可达到0.01度，测量距离可达到40公里，相对于同样或更高性能传感器，其成本将下降1/3，而且不会带来技术复杂性与维护难度。这种传感器能克服常规高性能分布式温度传感器成本高，系统复杂、稳定性差、维护费用大等不足。



- 1、一种分布式光纤温度传感器，包括脉冲激光光源（1）、传感光纤、光探测器（4）和（5）以及信号处理单元（6），其脉冲激光由所述光源（1）注入传感光纤，沿光纤传输光所产生的后向反斯托克斯散射光（2）与瑞利散射光（3）经分束和滤波后分别到达所述光探测器（4）和（5），转换为电信号后进入所述信号处理单元（6），其特征在于，所述光纤温度传感器还设置有连续泵浦光源。
- 2、根据权利要求1所述的分布式光纤温度传感器，其特征在于，所述连续泵浦光源为后向泵浦光源（7）。
- 3、根据权利要求1所述的分布式光纤温度传感器，其特征在于，所述连续泵浦光源为前向泵浦光源（8）。
- 4、根据权利要求1所述的分布式光纤温度传感器，其特征在于，所述连续泵浦光源可同时设有后向泵浦光源和前向泵浦光源。
- 5、根据权利要求1-4任一所述的分布式光纤温度传感器，其特征在于，所述连续泵浦光源波长可为1300nm-1400nm。
- 6、根据权利要求1-4任一所述的分布式光纤温度传感器，其特征在于，所述连续泵浦光源功率可为0.1瓦--2瓦。

一种分布式光纤温度传感器

技术领域

本实用新型涉及光电子技术领域，具体涉及一种利用拉曼散射原理与光时域反射技术相结合沿光纤长进行环境温度测量的技术，即分布式光纤温度传感技术。

背景技术

现有技术中大多数分布式光线温度传感器都是运用光的散射原理，采用光纤作为温度的敏感元件和信息传输介质，实现长距离连续空间温度场分布测量，适合组网检测，如瑞利 (Rayleigh) 散射、拉曼 (Raman) 散射和斯托克斯 (Stokes) 散射等，它们都是通过光纤中的散射光测量温度的分布，其中基于拉曼散射的分布温度传感技术是分布式光纤传感技术中最为成熟的一项技术，目前市场上已有产品面市，典型的有如 Sentinel 公司的 DTS 主机代表着目前国际上的最高水平，温度分辨率可以达到 0.01°C ，其 DTS-XR 的测量距离达到了 30km。

对于分布式光线温度传感器国内外已有很多文章报导，具有代表性的如：

- 1、刘红林等；30Km 分布光纤温度传感器的空间分布率研究；仪器仪表学报 26 (11) 2005.11；
- 2、Zang zaixuan and al; Optical Fiber Raman Amplifier and Distributed Fiber Raman Sensors; Proceeding of SPIE Vol.5129 (2003)

文章从不同角度描述了传感器的工作原理与实现途径和工作条件，讨

论分析了传感器的温度测量灵敏度及影响因素，空间分辨率，测量动态范围等，并介绍了相关实验结果。

目前，常规的分布式光线温度传感器工作原理如下，通过高功率的激光由光源注入传感光纤，沿光纤传输所产生的带有温度信息的反向反斯托克斯散射光即一次拉曼光与瑞利散射光经滤波后分别到达相应光探测器，两路光分别经光探测器转换为电信号后进入信号处理单元对两者进行比较和相关信号处理，最后获得沿光纤各点的温度信号，包括点的距离与温度值。从光信号获取角度考虑，为获得高的温度分辨率，在同一测量温度下，一次拉曼光的幅度愈高愈好。为此，通常的办法是增大输入脉冲光功率。另一方面，后向散射光中瑞利光占绝大部分，为获取温度信息，必须采用高隔离度光滤波器分别将反斯托克斯散射光与斯托克斯散射光从瑞利散射中分离出来。对于上述常规的高性能分布式光纤温度传感器来说，为了获得高的温度分辨率（0.1 度以上）与大的测量距离（20 公里以上），往往需提供高的输入激光功率（入纤光功率几十瓦以上）和高隔离度的波长滤波器，才能得以最大限度提高信号幅度和提高拉曼/瑞利光信噪比。这就对光源与滤波器提出了很高要求，从而提高了系统的技术难度和成本。由于技术复杂性与成本提高，这就在很大程度上影响了产品的推广使用和产品的稳定性与日常维护。

实用新型内容

本实用新型要解决的技术问题是如何提供一种分布式温度传感器，这种传感器能克服上述常规高性能分布式温度传感器成本高，系统复杂、稳定性差、维护费用大等不足。

本实用新型的上述技术问题是这样解决的：提供一种分布式光纤温度传感器，包括脉冲激光光源 1、传感光纤、光探测器 4 和 5 以及信号处理单元 6，其脉冲激光由所述光源 1 注入传感光纤，沿光纤传输光所产生的后向反斯托克斯散射光 2 与瑞利散射光 3 经分束和滤波后分别到达所述光探测器 4 和 5，转换为电信号后进入所述信号处理单元 6，其特征在于，所述光纤温度传感器还设置有连续泵浦光源。

按照本实用新型所提供的分布式光纤温度传感器，其特征在于，所述连续泵浦光源为后向泵浦光源 7。

按照本实用新型所提供的分布式光纤温度传感器，其特征在于，所述连续泵浦光源为前向泵浦光源 8。

按照本实用新型所提供的分布式光纤温度传感器，其特征在于，所述连续泵浦光源可同时设有泵浦光源和前向泵浦光源。

按照本实用新型所提供的分布式光纤温度传感器，其特征在于，所述连续泵浦光源波长可为 1300nm-1400nm。

按照本实用新型所提供的分布式光纤温度传感器，其特征在于，所述连续泵浦光源功率可为 0.1 瓦--2 瓦。

本实用新型所提供的分布式光纤温度传感器主要在常规传感器基础上增加一专门针对反斯托克斯散射光（一次拉曼光）放大的连续泵浦光源（前向泵浦）或（后向泵浦），利用这一拉曼放大可在不需大大提高输入脉冲光功率的情况下将带有温度信息的一次拉曼光（反斯托克斯散射光）放大，即主要是在常规测温系统上增加了一级分布式拉曼放大器即连续泵浦光源，对由常规光源与滤波器获取的表征温度的拉曼信号（一次拉曼光）进

行放大。由于所选用的放大波长就是一次拉曼光波长，从而自动提高了拉曼/瑞利光信噪比；而且所用泵浦光源无需重新激发拉曼散射，因而可采用较低阈值的连续工作方式。泵浦光可从正向或反向注入，由于反向光注入与接收的一次拉曼光同向效率更高，它将更有利于弥补入射光的衰落。从而可使温度分辨率与测量距离得以大大提高。用于拉曼增强放大的光波长在 1300nm~1400nm 范围选择（利用斯托克斯光放大），功率可在 0.1--2 瓦范围内选择，具体可视系统而定。在所选定波长下产生的拉曼放大可提高分布式光纤温度传感器中一次拉曼放大光的幅度，从而提高传感器的信噪比改善温度测量分辨率和提高测量距离范围。综上述，该实用新型技术将有效提高传感器的性能，温度分辨率可达到 0.01 度，测量距离可达到 40 公里，相对于同样或更高性能传感器，其成本将下降 1/3，不会带来技术复杂性与维护难度，而且性能更优。

附图说明

图 1 是常规高性能分布式光纤温度传感器工作原理图。

图 2 是本实用新型提供的分布式光纤温度传感器的工作原理图。

图 3 是本实用新型提供的分布式光纤温度传感器的电路图。

具体实施方式

下面结合附图对本实用新型进行详细说明。

常规高性能分布式光纤温度传感器工作原理如图 1 所示，1 为高功率脉冲激光光源，2 为带有温度信息的后向反斯托克斯散射光，3 为瑞利散射光，4 和 5 为光探测器，6 为信号处理单元。高功率脉冲激光由光源注入传感光纤，沿光纤传输光所产生的带有温度信息的后向反斯托克斯散射光 2 即一

次拉曼光与瑞利散射光 3 经滤波后分别到达光探测器 4 和 5, 两路光分别经光探测器转换为电信号后进入信号处理单元 6 对两者进行比较和相关信号处理, 最后获得沿光纤各点的温度信号, 包括点的距离与温度值。从光信号获取角度考虑, 为获得高的温度分辨率, 在同一测量温度, 并且在非饱和状态下, 一次拉曼光 (反斯托克斯散射光) 的幅度愈高愈好, 为此, 通常的办法是增大输入脉冲光功率。另一方面, 后向散射光中瑞利光占绝大部分, 为获取温度信息, 必须采用高隔离度光滤波器分别将反斯托克斯散射光 (一次拉曼光) 与斯托克斯散射光从瑞利散射中分离出来。滤波器的隔离度也将影响到温度测量分辨率。由于系统采用光时域反射 (OTDR) 技术来确定测温点位置, 输入光功率的提高也将增大测量距离。

本实用新型所提供的分布式光纤温度传感器工作原理图 2 所示, 1 为高功率脉冲激光光源, 2 为带有温度信息的后向反斯托克斯散射光, 3 为瑞利散射光, 4 和 5 为光探测器, 6 为信号处理单元, 7 为前向泵浦光源, 8 为后向泵浦光源。是在常规高性能分布式温度传感器的设置基础上增加一专门针对反斯托克斯散射光 (一次拉曼光) 放大的连续泵浦光源 7 (前向泵浦) 或 8 (后向泵浦), 利用这一拉曼放大可在不需大大提高输入脉冲光功率的情况下将带有温度信息的一次拉曼光 (反斯托克斯散射光) 放大 5-15dB, 从而可使温度分辨率与测量距离得以大大提高。在 1550nm 波长附近脉冲光注入下, 所产生的一次拉曼光波长为 1450nm 左右。用于拉曼增强放大的光波长在 1300nm~1400nm 范围选择 (利用斯托克斯光放大)。在所选定波长下产生的拉曼放大可提高分布式光纤温度传感器中一次拉曼放大光的幅度, 从而提高传感器的信噪比改善温度测量分辨率和提高测量距离

范围。

作为一个具体实施例子，设选择入射脉冲光波长在 1550 nm 附近，如 1545nm，所产生的带有温度信息的一次拉曼光（反斯托克斯散射光）波长为 1446 nm，用于拉曼增强的新增泵浦光波长根据拉曼放大特性选择为 1320 nm，功率 1 瓦，此时带有温度信息的一次拉曼光可获得约 10dB 的增益，而温度信号分辨率可提高近 8 倍，测量距离达到 40 公里。当注入脉冲光波长在 1550 nm 附近其它波长时，拉曼增强用新增泵浦光波长在 1300nm~1400nm 范围内依据所采用的光纤的拉曼放大特性进行选取，其功率大小在 0.1 瓦-2 瓦内视系统要求（温度分辨率、传感距离）而定。

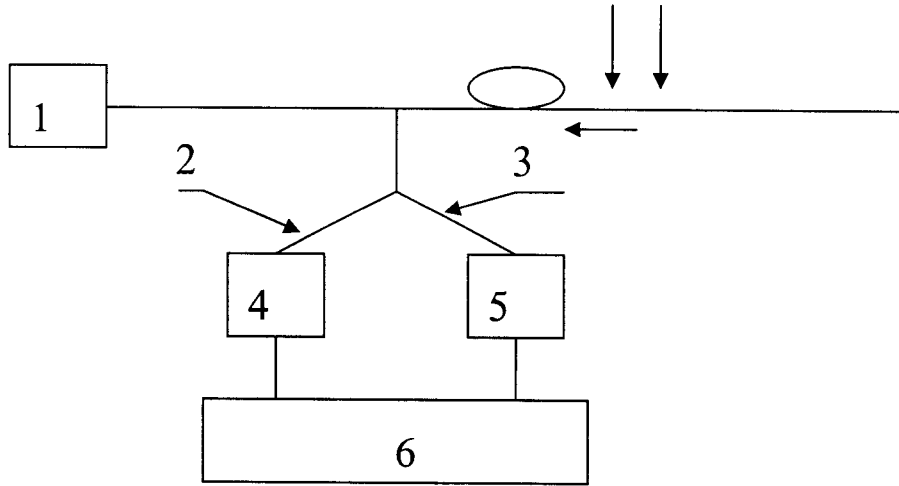


图 1

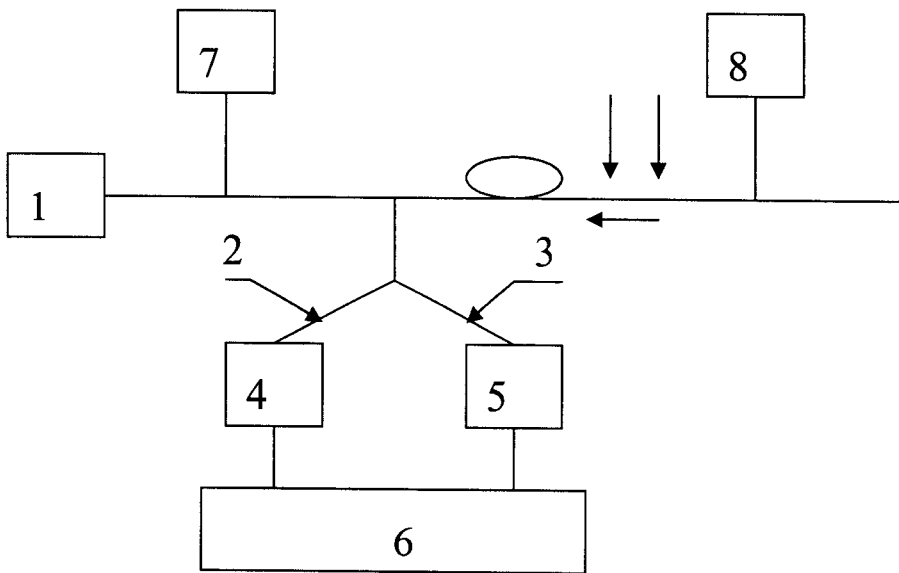


图 2

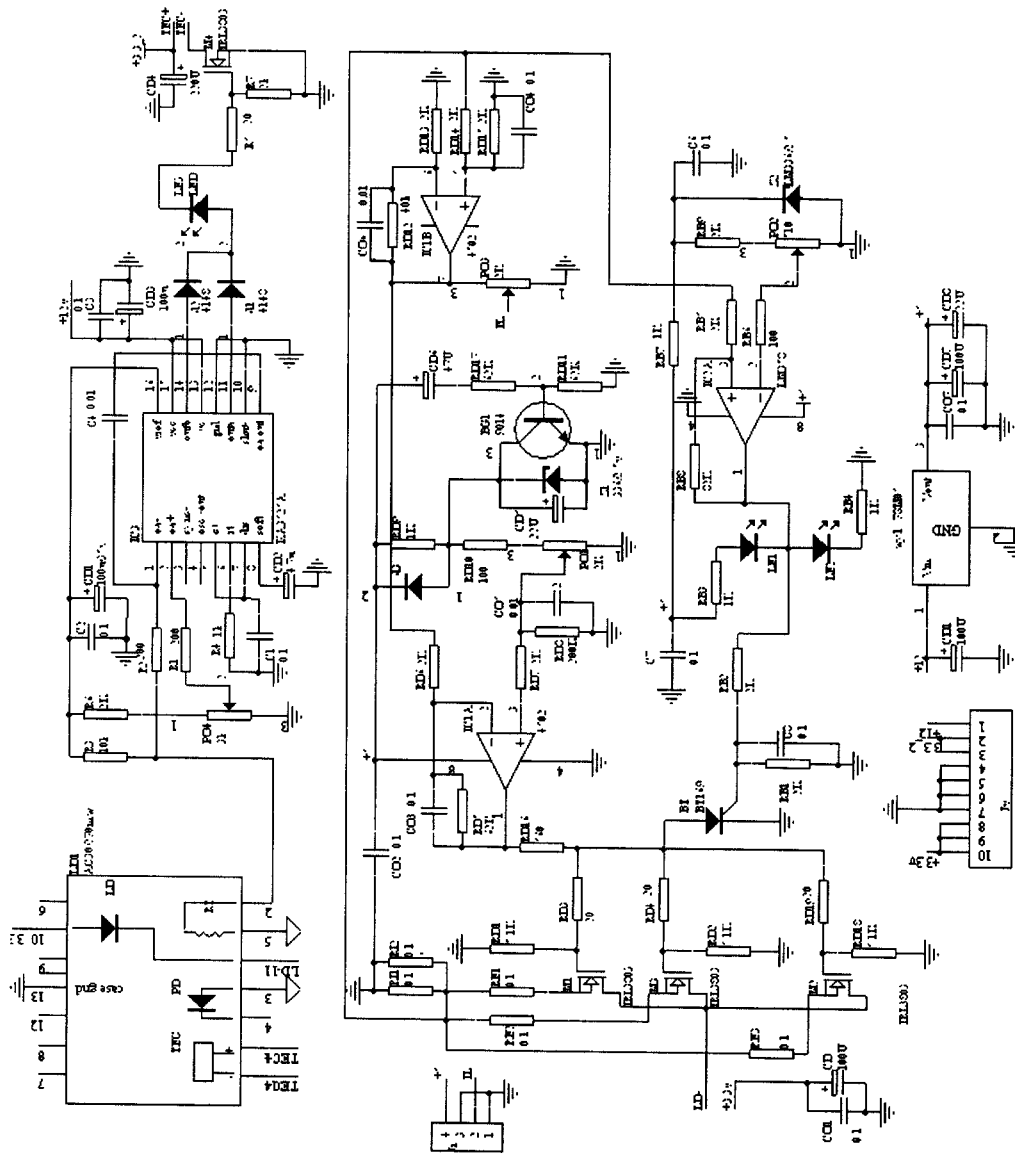


图 3