

单频可调光纤激光器的应用

光域激光有限公司

引言：单频光纤激光器具有线宽超窄、频率可调、相干长度超长以及噪声超低等独特性能，借用微波雷达上的 FMCW 技术可对超远距离的目标进行超高精度的相干探测，从而会改变市场对光纤传感、激光雷达和激光测距等固有观念，继续把激光器应用革命进行到底。NP Photonics 提供的单频光纤激光器拥有世界上独一无二的美国专利技术，可以十分低地成本解决激光光束质量和激光功率的矛盾，从而研制出了该款极具竞争优势的单频可调光纤激光器。

关键词： 5cm 腔长 FMCW 混频 相干探测

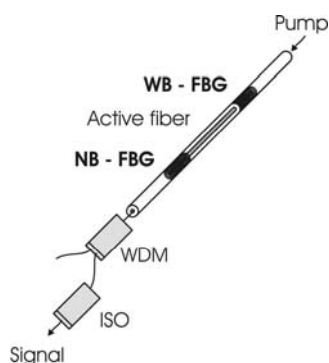
NP 光纤激光器的特点

NP 提供的 1550nm 光纤激光器最大的特点就是线宽超窄至 2KHz，频率稳定性好于 10Mhz，具有超长相干长度和超低噪声，就是比世界上最好的 DFB 激光器都高出 2 个数量级。该款激光器输出功率可达 150mW，边模抑制比高于 50dB，热调协范围 20Ghz，同时兼备 50Mhz/V 的线性 PZT 调制功能。

除了对人眼安全的 1550nm 激光器外，光域激光还提供同样性能的 1000nm 左右的光纤激光器，同时 2000nm 的光纤激光器也正在计划之中。将来，光域激光还会推出波长覆盖 1000-1550nm 全光纤化的单频、高功率脉冲光纤激光器。欢迎您的关注。

核心技术

请见图 1 为 NP 激光器的结构图，激光器腔由左右两端的光纤光栅和中间极短的有源光纤组成。该设计方案充分利用了我们美国合作方的专利技术，高浓度、铒/镱离子共掺有源光纤可以确保我们的激光器的腔长度少于 5cm，这是传统光纤技术所不可能完成的任务！



如此短的腔长极合适超高稳定性和跳模自由的单频激光工作。该种激光器的线宽典型值为 2KHz，而且都是线偏光输出。结构紧凑和高稳定性性能的光纤激光器就可以在如此短的激光腔基础上完成制作。

图 1：激光器结构

在光纤传感中的应用

NP 的超窄线宽光纤激光器可以应用于分布式光纤传感系统，对远至 10 公里的目标进行探测、定位和分类。它的基本应用原理就是频率调制连续波技术（FMCW），该技术能为核电站，石油/天然气管道，军事基地以及国防边界提供低成本的、全分布式的传感安全保护。

在 FMCW 技术中，激光输出频率围绕它的中心频率不断变化，而激光的一部分光被耦合进一个有固定反射率的参考臂中，在外差相干探测系统中，该参考臂就充当了一个本地振荡器（LO）的作用。充当传感作用的是另一跟很长的光纤，请见图 2。从传感光纤反射回来的激光与来自本地振荡器的参考光一起混合产生一个光拍频，该频率与它所经历的时间延迟差相对应。传感光纤上的远处信息就可以通过测量光谱分析仪上的光电流的拍频

来获取。传感光纤上的分布式反射可以是最简单的瑞利后向散射。通过这种相干探测技术，敏感度低至-100db的信号都能很轻易地探测到。

同时，既然光电流的拍频信号是与反射回来的光信号和来自本地振荡器的参考光的功率成正比，而且参考光还有放大信号光的功能，所以这种传感技术可以实现目前其他任何光纤传感技术所不能达到的超远距离的动态测量。

外部对传感光纤干扰的因素，比如压力、温度、声音和振动都会直接影响反射回来的激光，从而实现对这些外部环境的探测。

然而对于任何一套相干 FMCW 技术系统而言，最关键的部分是要一台相干长度很长的光源来实现很高的空间精度和大

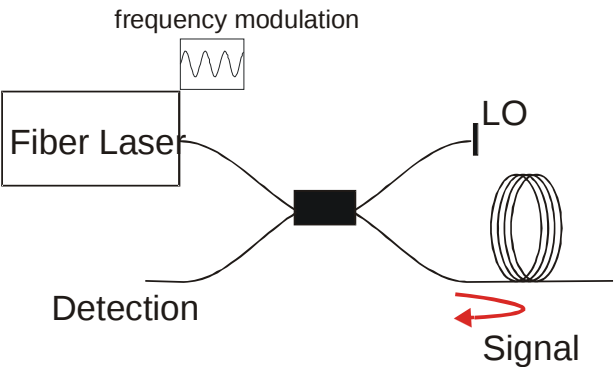


图 2：FMCW 技术原理图

的测量范围。配备 NP 的光纤激光器，最长的传感距离可超过 10 公里，而市场上的 DFB 激光二极管的探测距离却只有数百米。由于只要配备一台这样的激光器和光电探测器就可以监控超远距离的传感部位的变化，所以该传感系统能够以很低的成本升级目前的安保标准，从而可广泛应用于在大范围、远距离的国土安全和军事领域。

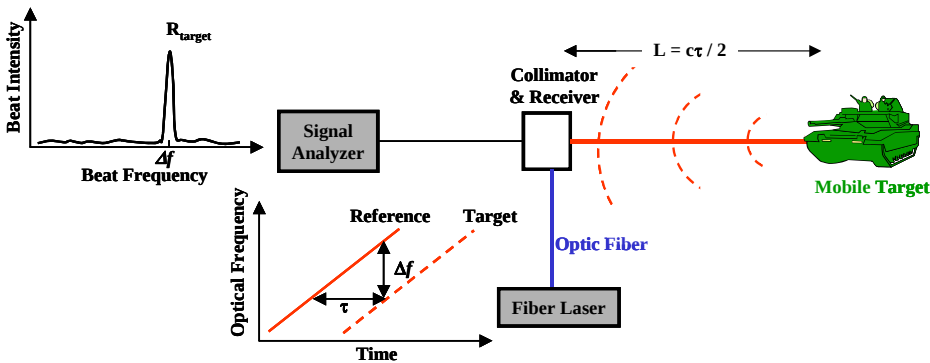
激光指示和军事测距

目前军方的 ISR（情报、监视、侦察）综合平台通常装备的是光电成像系统，它一般都能远距离成像和精确定位小目标的移动，比如运载火箭和坦克。可是，由于受成像系统的地形精度的影响，该系统一般都无法传递目标的精准位置给这些指挥平台指引武器对准目标。军方其实一直在 ISR 系统方面存在对低成本的、超远距离的（几百公里）、超高精度的（1 米以下）激光目标指示/测距的巨大需求。

目前一般的商业激光测距仪的测量距离最远为 10-20 公里，这受限于它的动态范围和测量敏感度，无法满足军方 ISR 系统需求。目前绝大多数的激光测距仪都是基于脉冲激光的光时域反射原理，它们由快速光电探测器和简单的分析仪组成，直接探测从目标反射回来的光脉冲信号，测量精度通常为 1-10 米，这受限于激光的脉冲宽度（相对 3-30nm 长激光脉冲）。激光脉冲越短，测量精度就越高，同时激光测量的带宽也就要大大提高。这无疑会增大探测的噪声，从而降低动

态测量距离。由于光电流信号是成线性正比于反射回来的光信号能量，所以这些增强的噪声就限制探测信号的敏感度。正是因为如此，目前军用的激光测距仪最长的测量距离只有 10-20 公里。

图 3：FMCW 技术在激光测距上的应用



基于 FMCW 技术原理，NP 提供的 1550nm 超窄线宽光纤激光器能够广泛应用于几百公里的激光目标指示和激光测距，从而可以十分低成本地搭建 ISR 平台。一套超远距离的激光指示/测距由激光器、准直器和接收器、信

号分析仪组成（请见图3）。窄线宽激光器的频率成线性快速调制。通过测量从目标处反射回来的的信号光与参考光一起混频产生光电流便可获取远处的信息。在 FMCW 技术系统中，激光器的线宽或相干长度决定了测量的距离和敏感度。光域激光提供的光纤激光器线宽低至 2KHz，要比世界上最好的半导体激光器的线宽低 2-3 个数级。这个重要的特点可以实现几百公里的激光指示和测距，而精度高达 1 米甚至 1 米以下。

采用这种光纤激光器做成的激光指示/测量仪要比目前绝大多数的基于脉冲激光的激光指示/测量仪拥有诸多优势，这包括非常长的动态距离，非常高的测量敏感度，对人眼安全，体形小重量轻，稳定牢固以及容易安装等等。

多普勒激光雷达

一般而言，相干雷达系统要求脉冲激光光源，而且为了能产生外差或零差信号做多普勒传感，这些激光器还必须是单频工作。然而传统概念上，这种激光器一般都由子激光器、主激光器和复杂的电路控制三部分组成。其中子激光器是一个高功率的脉冲激光振荡器，主激光器是一个低功率的却十分稳定的连续激光器，而电控部则主要是用来控制和维持子激光器能单频振荡。毫无疑问，这种传统的单频脉冲激光器体积过于庞大，而且在耐用性和牢固性方面面临很大的挑战而无法走向规模化，因为它需要经常很麻烦地对各敏感分立光学部件进行校准，同时还要匹配好来自主激光器的种子信号能顺利耦合进子激光器里。

NP 的单频、全光纤化的调 Q 脉冲光纤激光器可以满足超强紧凑型的多普勒激光雷达系统。这种新颖的激光器既可以配合一台本地振荡器单独工作，也可以频率锁定做脉冲运转，还可以通过本地振荡器作为注入激光种子源。反射回来的多普勒频移能够十分容易地通过检验参考光与信号光混频所产生的光电流来读取。光域激光的连续波光纤激光器是您理想的种子源激光器，它与我们的全光纤化的脉冲光纤激光器具有高度的兼容性。所有的光电器件都被集成在一个小而轻的盒子里，非常合适野外工作。由于光纤天然的波导结构，光纤激光器根本不需要光学对准和调整。同时除非通过复杂的非线性频率转换，目前的晶体固态激光器一般都无法直接输出对人眼安全的 1550nm 波长，这使得我们的掺铒光纤激光器更具吸引力，从而成为激光雷达的最好光源之一。

光域激光有限公司

地址：深圳市宝安区观澜镇观光路123号

电话：(86-755) 2799 5992

传真：(86-755) 2799 5500

邮箱：sales@optizonelaser.com