

光频域反射在光通信网络检测中应用研究

光频域反射的研究具有重要的现实意义，是我国光通信领域关注的重点内容。根据多年的理论和实践经验，针对光频域发射问题展开研究，分析探讨其在光通信网络检测中的应用，同时分析限制光频域反射的因素，阐述目前我国光频域反射发展现状，为其他学者对该问题的研究提供理论参考和借鉴。

光纤通信的发展对我国的经济建设起到重要的作用。光纤通信具有无法比拟的优势：传输频带宽、损失消耗较少。光纤通信的建设起始于二十世纪九十年代，并且得到大规模的发展。光纤通信作为承载着很大信息量的传输网络。光纤通信不同于其他的通信方式，因此得到企业和国家的高度重视。但是光纤通信在具体的操作中具有一定的风险和不确定性，为了保证光纤通信的顺利运行和安全，需要开发一种能精确测量出光纤通信特性的工具或者是仪器。根据国内外的的发展来看，目前使用最为广泛的是光频域反射，光频域反射能够准确的检测出光纤通信特性，光频域反射主要是分析光纤的散射光时间差、光程差来检测光纤通讯的。检测分辨率提高是否依赖减小的探测脉冲宽度。然而，如果激光功率固定，那么会引起探测脉冲的能量降低，而且会造成噪声电平增加，结果导致动态范围变化。因此，为了妥善处理这一问题，个专家学者置身研究中，其他的方法也采用，例如互补格雷码检测方法。经过多年的实践证明，光频域反射作为一种新型的技术，对于光纤通讯的检测发挥很大的作用，而且应用的范围广，测量的程度精确，允许的动态范围较大，成为人们关注的焦点，引起了研究者的研究兴趣。

1 光频域反射进行检测的原理

光频域反射主要包括这几个部分：线性扫频光源、迈克尔逊干涉仪、光电探测器、频谱仪、还有信号的处理单元。不同部分相互连接形成一个统一的系统发挥作用。光外差探测主要是根据频率进行的线性扫描，扫描后根据连续光的耦合之后在进入干涉仪。从干涉仪出来的光束分为两支：一支是经过反射镜反射之后返回，光程是保持固定不变的，这样的光叫做参考光。另一支光束则是进入到待测光纤，由于光纤本身的折射率不均匀，会产生散射，一部分光向后散射，满足了光纤的数值孔径之后返回到注入端口。这样的光叫做信号光。

2 光频域反射的现状

光频域反射主要应用在三个方面：一是对光通信网络的诊断，二是对集成光路的诊断，三是层析技术的应用。不同的种类对于光频域的要求不相同，其主要的差别在于光源的调试方式上。在光通信网络的诊断应用上，需要使用的波长 $1.3\mu\text{m}$ 的光源，光频域反射的量程要大很多。有些学者利用波长 $1.3\mu\text{m}$ 左右的 nd: yag 作为光源，得出了相关的长度。随着科学技术的发展和成熟，光频域发射的分辨率提高了很多。在层析技术的应用中，规定的量程是几毫米，测量的精度是几十微米。部分专家根据研究组建了高分辨率的光频域反射系统，其分辨率是 $15\mu\text{m}$ 。集成光路的诊断比上述两者需要更大的量程[2]。

3 光频域反射的优点

光频域反射对光纤通信的检测不仅包括了对集成光路诊断，而且也包括了对通信故障的

处理和检测。对集成光路的诊断一般使用的是厘米量级，有时候是毫米量级的。对于通信故障的处理一般采用的是一米左右的光源，光的量程达到公里级别。相应的大量程就要大动态范围以及较高的光源功率。显而易见，光频域反射能够很好的解决分辨率和动态之间的矛盾。因为光频域反射具有高的灵敏性和高空间分辨率优点。光频域反射的高空间分辨率指的是测量系统辨别光纤上相邻两个待测点的水平和能力。空间分辨率高的话则代表辨别测量点之间的距离短，这样测量出的光纤信息就更多，就越能反应出光纤的特性，光频域反射的分辨率主要受到探测光的脉冲宽度限制。如果探测光的脉冲宽度较窄，则光频域反射的分辨率就高，并且耗费的能量也少，产生的信噪比少，光频射反射对于中频信号的辨别能力与频谱仪密切相关。如果频谱仪的宽带较小，那么辨别出来的信号能力强，反之亦然。

通过上面的分析我们发现适用于上述情况的光源都是单色的。但是实际中的信号源并非如此。现实中的信号源一般会产生很大的噪声，并且通过频谱的宽度呈现，噪声减少了空间的分辨率，缩短了光纤测量长度。这样导致光纤在固定的长度下测量数据无法真实的反应信号大小，不能正确的分析光纤传输的特性。一般情况下，为了能够方便分析噪声的影响，仅仅考虑两个信号，一个信号是参考段的反射信号，一个是待测光纤的反射信号。

4 光频域反射的限制因素

4.1 光源相位噪声以及相干性限制

在光通信网络的实际操作中，光频域反射都会产生较大的光源相位噪声，噪声通过频谱的宽度呈现。相位噪声减少了空间的分辨率，缩短了可测量长度。为了更明确的表示光纤传输性质，分析噪音和光源列出如下的公示：仅考虑两个信号，一个是参考端的反射信号（其反射系数 r 是 1），另一个是待测光纤端面的反射信号（反射系数是 R ），光电探测电流式可表示为，其中，光源的电场强度为。

4.2 光源扫频的非线性限制

在实际的使用中，激光器会受到温度的变化、器件振动、或者是电网电压波动等影响，引起光源谐振腔具体位置发生改变，进而影响了输出光波谱线变化，导致扫频非线性。这大大限制了光频域反射空间分辨率大小。

4.3 光波极化限制

由于光频域反射采用相干检测这一方案，很显然，如果信号光及参考光，在光电探测器光敏面上的极化方向刚好是正交，那么信号光对应的光纤测量点上存有的信息会丢失。因此，要确保光波极化稳定。

有时候，为了追求光频域反射的经济效益，为了实现更大的商业化，国外深入研究和探索了半导体的激光器作为光源。在二十世纪九十年代的外国学者 Sorin 采用波长是 1.32 的 ND: YAG 激光器作为光源，为此得出了比较长的时间。而且测量的范围大概是 50 公里，分辨率是 380 米。二十世纪末，国外一些学者采用了不同波长的激光器作为光源，使得测量的量程更远，分辨率更高。二十一世纪初有人采用了 ssb 调制技术，当量程超过 5 公里的时候分辨率达到更高。如此高的分辨率能够满足光通信网络的需求。

5 结语

综上所述，光频域反射的被简称为 OFDR，是一种用来分辨光信通信的仪器。在光频域反射系统中，关键的内容是光源的线性调频以及光频域的探测，光频域反射要求的调制光源是线性的。但应该注意光频域反射中的相位噪声影响，通过对相位噪声进行理论分析和实践检测，分析噪声与激光间的内在联系，根据实际需求，选择适宜的长度激光，在具体的操作中能够尽量减少反射，避免过大相位噪声的影响。目前光通信网络迅速发展，科学技术得到不断的改进和提高，光频域反射的发展前景大好，在光通信网络中将会更广泛的运用和推广。