

文章编号: 1001-3806(2007)05-0548-03

多功能插损回损测量仪的设计

郭 昀, 曹明翠, 罗志祥*, 罗风光

(华中科技大学 光电子科学与工程学院, 武汉 430074)

摘要: 为了快速精确测量光连接器件的插入损耗和回波损耗, 在传统测量方法的基础上设计了一种新型的多功能差损回损测量仪。该测量仪系统由光路和电路两部分组成。光路部分利用光耦合器得到待测器件的损耗功率, 经探测器接收并转换为电流; 电流送到电路进行放大和 A/D 转换, 并由单片机进行处理, 测量结果由 LCD 显示输出。实验结果表明, 该系统能够实时显示待测器件的差损和回损, 达到 0.05dB 的精度。进一步测试结果表明, 该测量系统可以达到 70dB 的高精度动态范围。

关键词: 仪器测量与计量; 回波损耗; 插入损耗; 光功率

中图分类号: TN80 文献标识码: A

Design of multifunctional instrument of insert loss and return loss measurement

GUO Yun, CAO Ming-cui, LUO Zhi-xiang, LUO Feng-guang

(School of Optoelectronic Science and Engineering Huazhong University of Science and Technology Wuhan 430074, China)

Abstract A new kind of insert loss and return loss measurement system was developed to improve the precision and speed of the measurement. The new system was made of optical unit and circuit unit. Optical couplers were used to get the loss power of optical connectors and the power was transformed into electric current by detectors. The current was received and then amplified and transformed into digital signals by circuit unit. A single chip was used to calculate digital signals and output the result to the LCD. The experimental results show that the system is able to display the return loss and insert loss immediately with at the precision of 0.05dB. Further the result indicates that the high precision measuring range can reach 70dB.

Key words instrumentation measurement and metrology; return loss; insert loss; optical power

引 言

插入损耗和回波损耗是评价光连接器件性能的重要指标^[1]。准确测定光器件的插入损耗和回波损耗可以减少通信系统的传输误差。传统的测量方法测量过程复杂, 需要进行大量计算, 并且容易引入误差^[2]。作者参考传统的测量方法提出一种低成本、高精度多功能光回损测量仪的设计方案。

1 光插损和回损定义

如图 1 所示, 测量插入损耗 I_L , 只需要分别测出输出

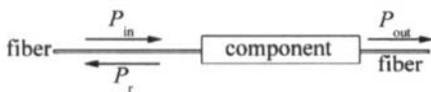


Fig 1 Definition of insert loss and return loss

入光功率 P_{in} 和输出光功率 P_{out} 。插入损耗的计算公式是:

作者简介: 郭 昀 (1981-), 女, 硕士研究生, 主要从事电路设计工作。

* 通讯联系人。E-mail: bochu@ yahoo.com.cn

收稿日期: 2006-08-14 收到修改稿日期: 2006-12-08

$$I_L = -10 \lg(P_{out}/P_{in}) \quad (1)$$

测量回波损耗, 则只需要分别测出输入光功率 P_{in} 和返回光功率 P_r 。回波损耗的计算公式是^[2,3]:

$$R_1 = -10 \lg(P_r/P_{in}) \quad (2)$$

2 回损的传统测量法^[4]

测量步骤如下: 按照图 2 实线部分连接光路, 耦合器的分光比是 1:1, C_3 连接光功率计。待光源稳定后, 测量输入光功率 P_{in} 。

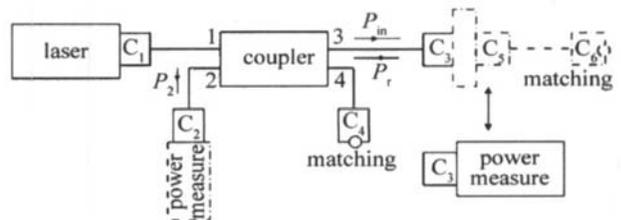


Fig 2 The traditional method

重新连接光路, C_2 和 C_3 如虚线所示连接。稳定光源输出的功率不变; C_3 通过标准转换器与另一根跳线相连; C_2 连接光功率计, 测量得到 P_2 的值; $P_r = 2 \times P_2$ 。回损值 $R_1 = -10 \lg(2P_2/P_{in})$ 。

3 系统设计

基于上述测量原理,设计新的测量系统。系统分为光路和电路两部分。

3.1 光路设计

系统光路如图 3 所示。本系统中采用两个不同波

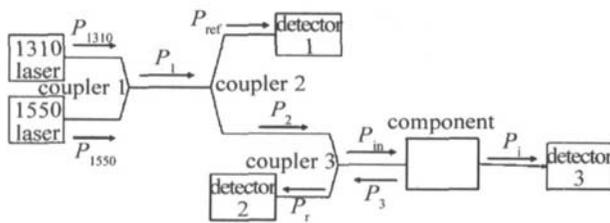


Fig 3 Optical diagram

长的光源,波长分别为 1310nm 和 1550nm,输出光功率分别为 P_{1310} 和 P_{1550} 。输出的光经过耦合器 1 进入耦合器 2,功率为 P_1 。耦合器 2 的两个分支分别输出光功率 P_{ref} 和 P_2 ; P_{ref} 由探测器 1 接收,用来监测光源功率稳定性; P_2 经过耦合器 3 的一个分支进入待测的光连接器件。 P_{in} 进入测试光器件时有一部分被反射回来,功率为 P_3 ,经耦合器 3 的一个分支输出,功率为 P_r ,由探测器 2 接收。 P_o 经过光器件后输出光功率为 P_o ,由探测器 3 接收耦合器 1,3 分光比为 1:1,耦合器 2 分光比为 1:9。

探测器的技术指标对系统性能影响很大,为了保证测量的精度,采用 3 只高性能的探测器。探测器 3 为光功率输入接口,所连接的光纤插头对待测光的接收有很大的影响,为了能够把待测光完全接收进来,此处选择感光面大的探测器。探测器 1 作为内部参考光源,只要暗电流较小即可。探测器 2 接收回损光,在测量时与标准光纤相接,面积大小影响不大,选择暗电流比较小的器件,才能够准确的测量到较小的回损。

3.2 电路设计^[5-6]

图 4 是电路设计图,探测器 1,2,3 输出电流分别

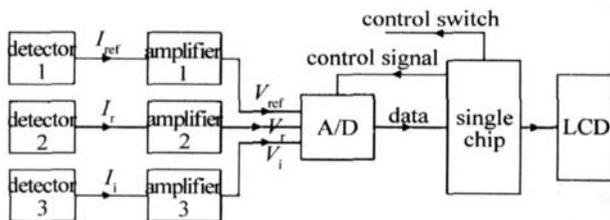


Fig 4 Circuit diagram

为 I_{ref} , I_r , I_o , 电流值大小与探测器接收到的光功率值大小相同。放大器 1,2,3 将 3 路电流分别放大并转换为电压 V_{ref} , V_r , V_o , 然后进行 A/D 转换,得到的数据由单片机进行处理^[7]。

光功率的范围在 $10^{-10}W \sim 10^{-2}W$, 所得到的电流值的动态范围大,最小值低,这就要求放大电路的放大范围大,精度高并且要能够直接对电流进行放大^[7]。选用输入范围是 100pA ~ 1mA 的高精度对数运放可以满足要求。

为了提高精度,改变放大电路的放大倍率^[8],使结果电压值的范围在 0V ~ 2.5V,即 100pA ~ 10mA 电流按对数值放大为 0V ~ 2.5V。使用 A/D7706 进行模数转换,参考电压选择 2.5V。采用 16bit 模数转换芯片,达到高分辨率、大动态范围,并选择适用于测量低频信号的芯片。

A/D 转换结果输入单片机进行处理,由 (1) 式和 (2) 式求得被测器件的插入损耗和回波损耗。

由图 3 和 (2) 式可以计算各个光功率值之间的关系得到回波损耗 (以使用波长 1310nm 的稳定光源为例): $R_1 = 10 \lg(P_3/P_{in}) = 10 \lg(80P_r/P_{1310})$ 。

计算该关系式,可以确定所需光源功率大小。已知放大器能够放大的最小电流值为 100pA,回损为 $R_1 = -70dB$ 时,通过计算可得到光源功率的理论最小值为 $P_{1310} = 8.89mW$; $R_1 = -65dB$ 时,计算可以得到光源功率的理论最小值为 $P_{1310} = 2.81mW$ 。

耦合器和转换器都有一定的插入损耗,探测器有一定的暗电流,耦合器的分光比不是严格的 1:1,这些因素都会给光路带来影响,因此,实际光源输出功率值应该比理论计算值大一些才能够满足要求。系统采用 2mW 稳定激光光源。

理论上光功率的测量量程为: -70dBm ~ 10dBm,经过实验可知,在电流较小和电流很大的情况下,测量精度不高。经过实验测量才可以确定系统在测量精度要求较高的情况下的测量范围。

4 实验结果和误差消除

4.1 初步测量^[9-10]

器件的插损和回损是通过测量功率进行计算得到的,系统的测量精度主要依赖光功率的测量精度。用高精度标准功率计进行同步对比测量,比测量光器件的插入损耗和回波损耗简便而且误差要小得多。所以,首先进行光功率的对比测量^[10]。

测量方法为:待测光源连接衰减器,再输入 1:1 光耦合器的输入端,输出分别连接图 3 的探测器 3 的光输入插头和高精度标准功率计,同时读取测量结果进行对比。标准功率和测量功率之间较大的误差。误差主要有 3 个来源:一为各个光器件连接的插入损耗,二为探测器的暗电流,三为电路中的噪声。

4.2 校正误差之后再次测量

通过软件算法可校正该误差,调整测量结果,重新取点测量。测量结果见图5横坐标表示测量的功率值,

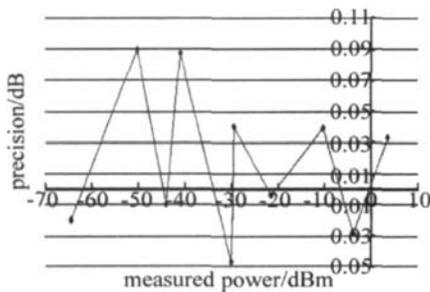


Fig. 5 Measurement of power

纵坐标表示测量误差,由测量结果可知,测量误差小于0.1dB,光功率的高精度测量范围为-65dBm~5dBm。

4.3 回损误差校正

由图3可知,测量回损需要使用探测器2,其误差与探测器3的误差相似。所以,可以先采用上面测量功率校正误差的方法进行误差校正。然后再用回损标准器件进行校正。

光连接器件回波损耗的测量用FC/APC-FC/UPC校准跳线作为标准,跳线回损值为-14.8dB。在不同输入功率情况下,测量校准跳线的回损值来检验系统测量回损的范围和精度。将校准跳线的FC/APC端连接测试端口,从显示器读出回损大小,同时记录 P_{in} 。校准跳线的回损值为-14.8dB,初步测量结果作为校正误差的参考值,经过软件修正减去系统误差之后进行再次测量,得到结果如图6所示,横坐标表示输入功

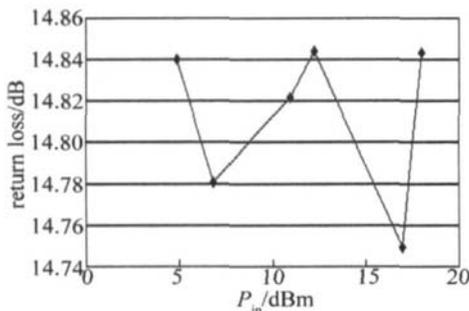


Fig. 6 Result of return loss

率值,纵坐标表示测得的标准跳线回损的绝对值,由图6可知,误差小于0.05dB。

5 结束语

参考光插入损耗和回波损耗的传统测量方法设计出光功率、插损、回损测量仪,能够方便准确的测量光连接器件的插损回损。经过试验验证,该方案测量光功率、插入损耗和回波损耗的精度高,测量范围大,能够满足实际测量要求。

参考文献

- [1] COLLINS J V, CLIFT D J. Return loss measurements of lensed fibre to semiconductor laser [J]. *Electron Lett* 1992, 28(14): 1313~1314.
- [2] VINCENT C Y S, JIANG J W, CARGILL J A *et al*. Automation of an optical time domain reflectometer to measure loss and return loss [J]. *IEEE Journal of Lightwave Technology*, 1990, 8(7): 1078~1083.
- [3] KIHARA M, NAGASAWA S, TANIFUJIT. Return loss characteristics of optical fiber connectors [J]. *IEEE Journal of Lightwave Technology*, 1996, 14(9): 1986~1991.
- [4] NOUTSOS P C. Optical return loss measurements and simulation of an arbitrary array of concatenated reflective elements on field-installed optical links [J]. *IEEE Journal of Lightwave Technology*, 2006, 24(4): 1697~1702.
- [5] HUANG H P, ZHU N H, HASEN Q Q G *et al*. Small-signal power measuring technique for measuring the frequency response of electroabsorption modulators [J]. *IEEE Photonics Technology Letters* 2006, 18(23): 2451~2453.
- [6] JENTZSCH A, HENRICH W G. Theory and measurements of flip-chip interconnects for frequencies up to 100 GHz [J]. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques* 2001, 49(5): 871~878.
- [7] XU F, GAO G H, CHEN Z L *et al*. Development of an automatic laser power measurement apparatus [J]. *Laser Technology*, 2000, 24(2): 107~109 (in Chinese).
- [8] TSAI Z M, SUN K J, VENDELIN G D *et al*. A new feedback method for power amplifier with unilateralization and improved output return loss [J]. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques* 2006, 54(4): 1590~1597.
- [9] BROWN R A, ENSAF P, MARSHALL T *et al*. Printed microwave couplers with thermal isolation [J]. *IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest* 1997, 2(2): 983~986.
- [10] SEFLER G A, PEPELJUGOSKI P K. Interferometric noise penalty in 10-Gbit/s ethernet LAN links [J]. *IEEE Photonics Technology Letters* 2002, 14(1): 113~115.

(上接第547页)

- [6] XIONG Y, PAN W, LUO B *et al*. Thermal effects in Yb³⁺ doped double high power fiber lasers [J]. *High Power Laser and Particle Beams* 2005, 17(4): 495~499 (in Chinese).
- [7] IDO K, AMOSH. Optimization of strongly pumped fiber lasers [J]. *IEEE Journal of Lightwave Technology*, 1999, 17(5): 891~897.
- [8] MEIL, WANG Y, WANG Zh J *et al*. Numerical analysis of the transi-

ent state behavior of Yb³⁺ doped double clad fiber laser [J]. *Laser Technology* 2006, 30(3): 226~231 (in Chinese).

- [9] CHEN Z L, JIANG Z F, YANG H F. Study on thermal of end-pumped Cr: Nd: GSGG rods [J]. *Laser and Infrared*, 2004, 34(6): 430~432 (in Chinese).