

# 对通过光纤的激光时间相干性的实验研究

董孝义 张健忠

盛秋琴 吕可诚

(南开大学现代光学研究所)

(南开大学物理系)

**提要:** 对通过光纤的激光时间相干性及其变化规律进行了实验研究, 并提出一种确定时间相干函数的实验方法。

## Experimental investigation on temporal coherence of laser light transmitting through optical fiber

Dong Xiaoyi, Zhan Jianzhong

(Institute of Modern Optics, Nankai University, Tianjin)

Shen Qiujin, Lü Kecheng

(Department of Physics, Nankai University, Tianjin)

**Abstract:** The temporal coherence and the changing rule of laser transmitting through an optical fiber are investigated experimentally, and an experimental method to determine the temporal coherent function is put forward.

对于通过光纤后的激光的空间相干特性及其变化规律已有较多的研究<sup>[1~3]</sup>, 并且得到了某些一致的结论。这里我们主要对激光在通过光纤后的时间相干特性进行了实验上的研究, 并且给出了一种评价这种相干特性的方法, 测量结果及其分析表明, 这种实验方法有实际意义。

量相干函数的常规方法, 即通过测量干涉条纹可见度的方法, He-Ne 激光通过分束器和耦合器将两束激光分别射入测量光纤和参考光纤, 从两根光纤出射的光在光电倍增管接收面上产生干涉条纹, 驱动光电倍增管沿垂直于干涉条纹的方向扫描, 即可在  $X-Y$  函数记录仪上绘出光强的变化曲线, 进而可计算出相应的可见度值。连续改变测量光纤的若干个长度, 重复上述测量即可绘出可见度  $\sim \Delta L$  关系曲线, 亦即通过光纤后的激光时间函数曲线, 图 3 是我们的实际测量结果, 为了比较, 还在图中绘出理论曲线(图中实线所

实验装置如图 1、2 所示, 其中图 1 是测

收稿日期: 1986 年 11 月 24 日。

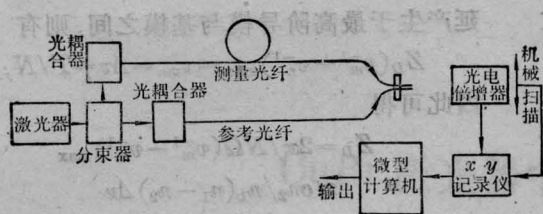


图 1

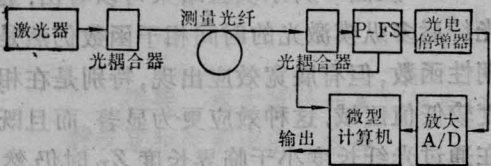


图 2

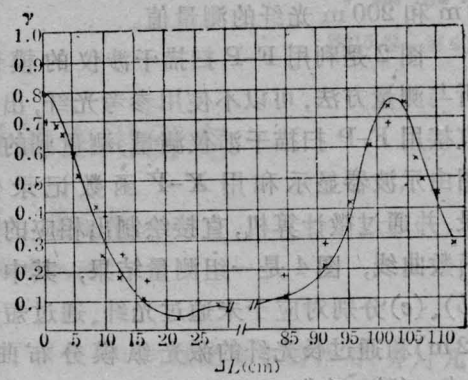


图 3

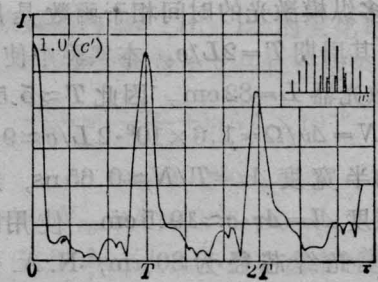
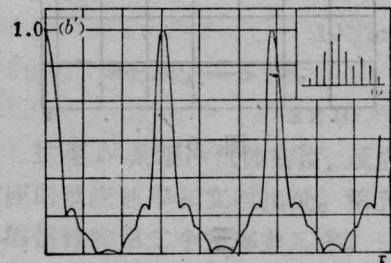
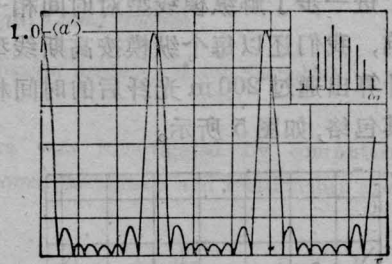
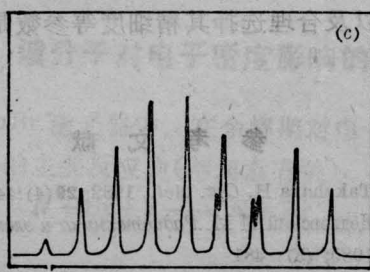
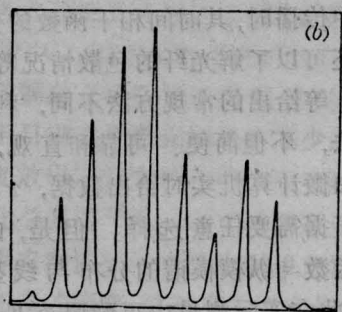
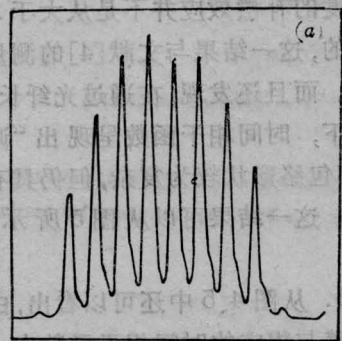


图 4

示),并用符号“×”和“+”分别表示激光通过 2 m 和 200 m 光纤的测量值。

图 2 是利用 F-P 扫描干涉仪的模谱分析与测量方法,可以不使用参考光纤,出射光直接用 F-P 扫描干涉仪测量,测量到的模谱图由示波器显示和用 X-Y 函数记录仪记录,并通过微计算机,直接绘制出相应的相干函数曲线,图 4 是一组测量结果,其中(a)、(b)、(c)分别对应于未通过光纤、通过短光纤(2 m)和通过长光纤的激光纵模分布曲线,(a')、(b')、(c')则为它们各自的时间相干函数,并在图中还标出计算相干函数时使用的简化形式。

为了进一步了解纵模线型对时间相干函数的影响,我们还以每个纵模按高斯线型分布分别计算出通过 200 m 光纤后的时间相干函数及其包络,如图 5 所示。

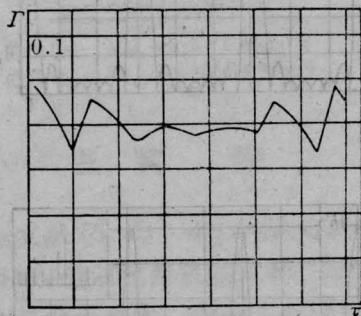


图 5

三

从实验数据及其计算结果可以看出:

1. 多纵模激光的时间相干函数是周期性函数,其周期  $T=2L/c$ 。本实验中使用的 He-Ne 激光器  $L=82\text{ cm}$ 。因此  $T\approx 5.5\text{ ns}$ 。纵模数  $N=\Delta\nu/\Omega=1.6\times 10^9\cdot 2L/c\approx 9$ , 相干函数的半宽度  $\Delta\tau=T/N\approx 0.65\text{ ns}$ , 对应的空间线度  $\Delta l=\Delta\tau\cdot c\approx 19.5\text{ cm}$ 。使用的阶跃型多模光纤芯径为  $80\ \mu\text{m}$ , N. A. 值为 0.22。模间群时延  $\tau_{mn}$  等于相干时间  $\Delta\tau$  时可确定出一临界长度  $Z_D$ 。令最大模间群时

延产生于最高阶导模与基模之间,则有

$$Z_D(\nu_m^{-1}-\nu_n^{-1})_{\max}=\tau_{mn}=\Delta\tau=T/N,$$

因此可得

$$Z_D=2\pi/N\Omega(\nu_m^{-1}-\nu_n^{-1})_{\max} \approx cn_2/n_1(n_1-n_2)\Delta\nu \quad (1)$$

对于我们的情况,计算可得  $Z_D\approx 63\text{ m}$ 。

2. 从图 4 所示实验结果可以看出,通过光纤后多纵模激光的时间相干函数仍然是周期性函数,但有展宽效应出现,特别是在相干度较低值区域,这种效应更为显著,而且即使在通过光纤长度小于临界长度  $Z_D$  时仍然存在这种展宽,说明光纤中的模色散作用对零相干度的补偿效应并不是从大于  $Z_D$  值后才开始的,这一结果与文献[4]的测量结果稍有不同。而且还发现,在通过光纤长度大于  $Z_D$  情况下,时间相干函数呈现出“调幅”波形式,其包络形状较为复杂,但仍具有一定的周期性。这一结果可以从图 5 所示曲线中看到。

3. 从图 4、5 中还可以看出,由于激光纵模模谱与相应的时间相干函数有一一对应关系,因此可以从模谱的变化情况确知激光在光纤中传播时,其时间相干函数的变化情况,进而还可以了解光纤的色散情况等。与文献[4、2]等给出的常规方法不同,利用模谱测量方法,不但简便、可靠和直观,而且还可以由微计算机实时给出数据,  $\tau$  值大小也可以根据需要任意选择。但是,由于时间相干函数与纵模模谱的分布与线型紧密相关,因此在实际测量中正确调节 F-P 扫描干涉仪以及合理选择其精细度等参数是至关重要的。

### 参 考 文 献

- 1 Takahara H. *Opt. Act.*, 1982; 29(4):441
- 2 Дедловский М М. *Радиотехника и электроника*, 1980; (3): 481
- 3 董孝义 et al. *激光与红外*, 1985; (9): 157
- 4 Абдуллаев С С et al. *Кван. электр.*, 1985; 12(1): 157