

γ 辐照对光纤带宽的影响

刘方新 张辰华 李宗民

(中国科学技术大学 中国科学院结构分析开放研究实验室 合肥 230026)

摘要 对多模梯度折射率光纤的 γ 辐照带宽效应进行了实验,发现光纤带宽随着辐照剂量的增加而减小,其值达60%。对造成这一结果的原因进行了讨论。

关键词 多模梯度折射率光纤,辐照剂量,带宽

无论是军用还是民用的光纤通讯或传感系统往往都会面临粒子辐射环境的困扰。例如,海底越洋光缆系统常常会受到某些区域存在的一些放射性物质的干扰;应用于轨道空间站的光纤系统也会受到宇宙射线的影响;一些人为的放射性环境,诸如核反应堆、核试验场、核废料堆放场所等有时也需要使用光纤系统,更不用说光纤射线辐照传感器。所有这些都需考虑各种辐照对光纤的影响以及光纤对辐照的敏感性和耐辐照性。在各种射线辐照中, γ 射线辐照具有特殊的重要性。所以近10年来,人们的注意力大都集中在研究光纤在 γ 辐照下的各种效应^[1-4]。本文报道了对多模梯度折射率光纤的 γ 辐照带宽效应进行的实验,研究光纤带宽与辐照剂量的关系。

1 实 验

样品光纤长度为50—500m不等。辐照剂量在2— 1.2×10^4 Gy。选用 ^{60}Co γ 射线源, γ 光子的能量为1.25MeV,放射强度约1.18PBq。辐照剂量率为0.5—300Gy/min,大小根据样品距离Co棒的远近而定^[5]。

带宽由ME98C光纤带宽测试系统测出。测试系统主要指标: $\lambda = 0.85 \mu\text{m}$,动态范围小于-40dB,最大测试带宽2000MHz。CRT上显示的光纤基带频响曲线由普通135照相机摄取。为了测定稳定的辐射致缺陷对带宽的影响,先对原始带宽(辐照前)进行测试,然后在辐照一周后再测试,以进行比较。

2 结果与讨论

为了获得有效的光纤 γ 辐照带宽变化数据,必须选择适当的光纤长度和合适的辐照剂量。为此我们进行了一系列的尝试来分析光纤长度、辐照剂量、带宽及损耗之间的关系。表1反映了这些实验结果。

从表1可知,辐照剂量大于1000Gy时,辐照的带宽变化已很难测出。由于100m长光纤的感生损耗已大于45dB,要把损耗控制在测试设备的动态范围内只有减小光纤长度,而长度小于100m的光纤的带宽在设备上已无法测出。

收稿日期:1992-06-30,修回日期:1993-01-15

表1 光纤辐照前后带宽的测试数据

Table 1 The experimental data of band width before and after γ irradiation

样品编号 Sample No.	l/m	辐照前 Before irradiation		D/Gy	辐照后 After irradiation		$R/\%$
		带宽Band width /MHz · km	损耗Loss /dB · km ⁻¹		损耗Loss /dB	带宽Band width /MHz · km	
1	500	1198	0.72	2	1.65	1016.0	-15.2
2	80	204	<5	5	2.50	130.2	-36.2
3	50	204	<5	8	3.26	96.6	-52.6
4	35	204	<5	70	5.50	82.0	-59.8
5	35	204	<5	130	6.00	80.0	-60.8
6	35	204	<5	1000	745	—	—
7	50	204	<5	7000	745	—	—
8	15	204	<5	1200	225	—	—
9	100	958	0.72	1200	745	—	—
10	100	958	0.72	100	16	—	—

定义 R 为光纤受辐照后千米带宽的变化率

$$R \equiv [(B_f - B_i) / B_i] \times 100\%$$

式中， B_i 、 B_f 分别为辐照前后的带宽。图1反映了 R 值的变化。由图1可见，一开始 $|R|$ 随着剂量的增加而呈指数规律增加($R = e^{-CD} - 1$, C 为常数， D 为辐照剂量)；当 $D \geq 10 Gy$ 时，增加率趋于平缓而开始呈现饱和趋势；当 D 为100Gy时，光纤带减少了约60%。

造成光纤带宽随辐照剂量的增加而减小的可能原因有：

(1)辐照使折射率分布的对称性被破坏，造成折射率伪差，即辐照使折射率差减小。而模间色散与这种伪差成正比^[6]。因此辐照导致的这种结果造成模间色散增加，带宽减小。

(2)辐照改变了光纤的折射率分布的中心凹陷点的深度和宽度。由于模间色散与中心凹陷的宽度近似成正比^[6,7]，辐照使得光纤中心凹陷宽度增加，必然导致其色散增加，带宽减小。

(3)文献[8]指出，阶跃折射率分布的多模光纤在中子辐照后色散减小，光纤带宽增加。这是因为这种光纤的模色散脉冲展宽比梯度光纤大几个量级，另外在阶跃折射率光纤中，高次模对包层有较大的场渗透，它对包层的较高损耗、对有损耗的套层和对芯子-包层不平整性都比低次模更为敏感，其结果是产生趋向消除高次模的吸收和散射损耗，从而得到辐照后带宽增加约10%的结果。而我们使用的是折射率平方分布的梯度折射率光纤，它的色散要比阶跃光纤小得多，模式的传输绝大部分是在芯中，因此色散的改变受辐照的影响要小得多；再者实验测试中采用了搅模的方法，消除了损耗和模式间耦合对带宽的影响，因而辐照对光纤的破坏以及梯度光纤的特性使得(1)、(2)两因素占了绝对地位，导致辐照后光纤带宽减小到60%这一惊人的结果。

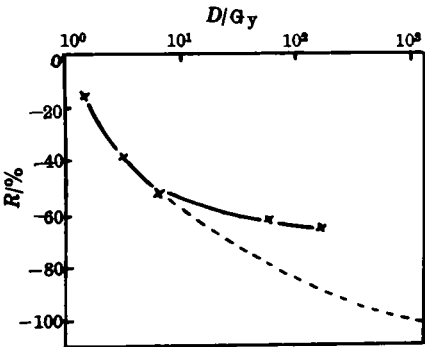


图1 光纤 γ 辐照带宽变化率与辐照剂量的关系($\lambda = 0.85 \mu m$)

Fig.1 Relation of gradient of band width to irradiation doses

当然可能还有其它的因素会对光纤辐照带宽产生影响, 有待于进一步的实验和研究。

参 考 文 献

- 1 马国惠. 光纤通讯. 1983; 2:29
- 2 West R H. J Lightwave Tech, 1988; 6(2):155
- 3 Friebele E J. J Lightwave Tech, 1990; 18(6):977
- 4 Taylor E W. J Lightwave Tech, 1990; 8(16):967
- 5 刘方新, 张辰华, 李宗民, 等. 物理学报. (已接收)
- 6 Miller S E, Chyroweth A G. Optical fiber telecommunications, Academic Press, 1979:203
- 7 Marcuse D. Principles of optical fiber measurement, Academic Press, 1981:145
- 8 Rao R, Mitra S S. Appl Phys Lett, 1980; 36(12):948

Influence of γ irradiation on band width of optical fibers

Liu Fangxin Zhang Chenhua Li Zongmin

(University of Science and Technology of China. Structure Research Laboratory of
Academia Sinica, Hefei 230026)

Abstract

The effect of band with of the multimode step index fibers under γ irradiation has been investigated. It was found that band width of the optical fibers decreased as irradiation dose increased, and the decrease of band width reached to 60%. The possible cause for the result is discussed.

Key words Multimode step index optical fibers, Irradiation dose, Band width