

文章编号 : 0253-2239(2001)06-0741-03

双偏振结构保偏光纤偏振器的研制

胡永明¹⁾ 廖延彪²⁾ 陈哲²⁾ 孟洲¹⁾ 倪明¹⁾

(1), 国防科技大学理学院光电工程系, 长沙 410073)
(2), 清华大学电子工程系, 北京 100084

摘要: 提出了保偏光纤偏振器的一种串联结构, 即双偏振结构, 报道了研制的结果。并通过对单偏振结构和双偏振结构器件测试结果的比较, 得出双偏振结构的保偏光纤偏振器可使器件达到高消光比, 并且有稳定的温度特性。

关键词: 保偏光纤; 光纤偏振器; 双偏振结构; 温度特性

中图分类号: TN253 文献标识码: A

1 引 言

光纤偏振器在单模光纤制作上获得成功^[1~5], 之后, 为解决器件的偏振保持问题, 人们开始用保偏光纤制作光纤偏振器^[3,6,7]。此问题成为许多传感器实用化的关键。到 80 年代末、90 年代初, 保偏光纤偏振器技术在单项性能指标方面取得了较大的突破^[8~10], 为相关光纤传感器的实用化提供了技术保障。金属覆层保偏光纤偏振器^[11,12]是其中一种重要的保偏光纤偏振器, 与缠绕型、双折射晶体型^[13]等其他类型的光纤偏振器相比, 金属覆层保偏光纤偏振器具有消光比高、与应用系统中其他光纤匹配性好、损耗小、工艺简单的特点, 是光纤陀螺、光纤水听器光纤相干检测系统的关键器件。对这种器件, 人们已进行了较多的理论及实验研究^[14,15], 得到了一些单项消光比指标很好的结果。但是, 目前的保偏光纤偏振器的结构难以满足应用中各项综合指标不断提高的要求。我们在多年进行保偏光纤偏振器理论和实验研究的基础上^[16~18], 改造工艺, 提出了双偏振结构, 在一根光纤上研制出了双偏振结构的保偏光纤偏振器。实验结果表明, 此器件消光比高, 温度性能稳定。

2 金属覆层保偏光纤偏振器的结构及起偏机制

金属覆层保偏光纤偏振器的物理结构如图 1 所示。在一玻璃基片上以半径 R 开一弧形的槽, 将保偏光纤下轴后嵌入槽中用胶固化, 将光纤磨抛到芯

附近, 然后镀上介质-金属复合膜。当光波到达此复合膜区时, 在金属-介质界面上产生的表面等离子体波将光纤内一个偏振模耦合损耗掉; 另一偏振模不能激发表面等离子体波, 可几乎无损耗地通过此区域, 从而实现起偏功能。

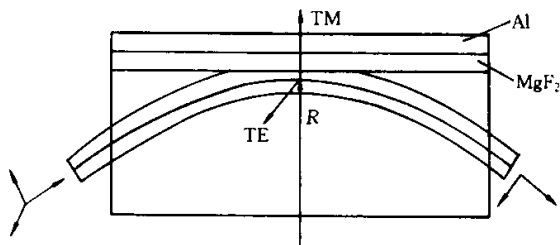


Fig. 1 The frame of the grinding and polishing fiber polarizer with metallic coating

3 双偏振结构

在实验中, 要保证器件达到 35 dB~40 dB 的高消光比, 且要求器件在大的温度范围内稳定运转, 势必大大增加工艺的难度, 限制了器件的成品率。为改善这种情况, 我们发展了双偏振结构的工艺技术, 即在一根保偏光纤偏振器器件内制成两个偏振作用区, 每个偏振作用区长度约 15 mm, 如图 2 所示。

在物理上这相当于两个独立偏振器的串联, 但此工艺的关键之处是在约 30 mm 的区域上制成两个独立设计参数的偏振作用区。在工艺上, 这两个

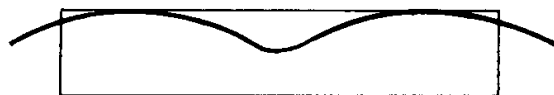


Fig. 2 A novel double polarization structure

偏振区的参数有意留下一定差异。这不仅能增强偏振效果,而且当其他参数有偏差或随温度环境变化时,两偏振作用区相互补偿,可使器件仍能保持很高的消光比。这一双偏振结构特性,在以下器件测试结果中已得到证实。

采用双偏振结构,我们可进一步降低单偏振结构的指标,以获取更大的工艺容差。在实验中,单偏振 25 dB~30 dB 的消光比是较为适合的。

须指出,当两个 25 dB~30 dB 的单偏振结构串联时,并不可能得到 50 dB 或更高的消光比,这是由于器件的消光指标主要受到偏振结构起偏能力和定轴精度的限制,它最终的极限则由光纤保偏能力确定。对国产的熊猫型保偏光纤,这一极限在 41 dB 左右。

4 单偏振双偏振结构器件测试结果及比较

我们制作的单偏振或双偏振结构的保偏光纤偏振器都采用微封装技术,制作的成品外形如图 3 所示,尺寸为 $\phi 1.6 \text{ mm} \times 35 \text{ mm}$ 。

器件的消光比测试主要有线偏振光注入法和非偏振光注入法,由于后者在测试时将输入光耦合到被测器件中时不需要对轴,操作简单、可靠,以下的测试结果皆用该方法得到。

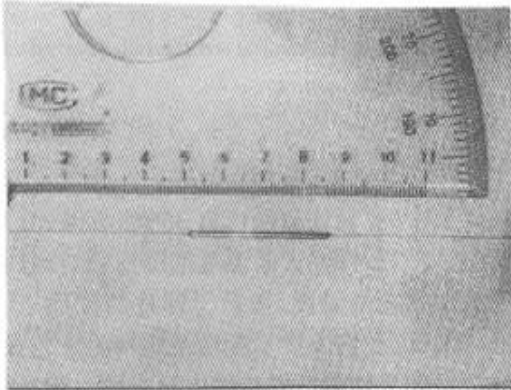


Fig. 3 The picture of polarization maintaining fiber polarizer. Size: $\phi 1.6 \text{ mm} \times 35 \text{ mm}$

4.1 单偏振结构的测试结果

图 4 为我们制作的单偏振结构的保偏光纤偏振器消光比的温度测试结果。

从图 4 中,我们不难看出该器件虽在 30 °C 时能超过 40 dB 的消光比,但实际上该器件在 20 °C ~ 40 °C 的范围内达不到大于 30 dB 的高消光比要求,故实际中难以应用。

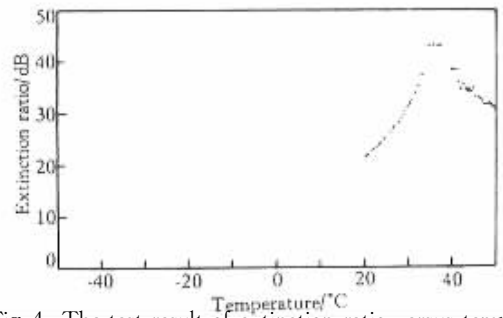


Fig. 4 The test result of extinction ratio versus temperature of polarization maintaining fiber polarizer with single polarization structure

4.2 双偏振结构的测试结果

图 5 是我们新设计制作的双偏振结构的保偏光纤偏振器消光比的温度测试结果。

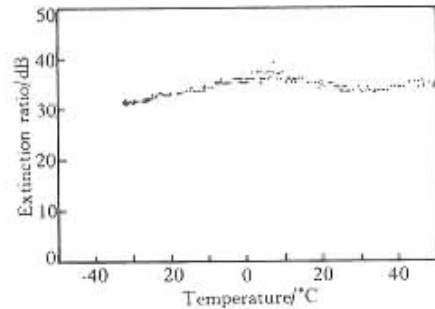


Fig. 5 The test result of extinction ratio versus temperature of polarization maintaining fiber polarizer with double polarization structure

从图 5 中可以明显地看出双偏振结构偏振器的温度特性得到了极大地改善。

结论 从单偏振结构到双偏振结构,制作工艺是一次大的改进,最终使保偏光纤偏振器的性能得到保证。我们制作的保偏光纤偏振器的主要性能指标为:工作波长 $1.3 \mu\text{m}$,最高消光比大于 40 dB,损耗小于 0.5 dB,在 $-30 \text{ }^\circ\text{C} \sim 50 \text{ }^\circ\text{C}$ 范围内,器件性能稳定,器件尺寸为 $\phi 1.6 \text{ mm} \times 35 \text{ mm}$ 。现已将该器件应用于光纤水听器 and 光纤陀螺系统中。

参 考 文 献

- [1] Feth J R, Chang G L. Metal clad fiber optic cutoff polarizer. *Opt. Lett.*, 1986, **11**(6): 386~388
- [2] Okamoto K, Miyazawa H, Noda J. Novel optical isolator consisting of a YIG spherical lens and panda-fiber polarisers. *Electron. Lett.*, 1985, **21**(1): 36~37
- [3] Li L, Wylangowski G, Payne D N *et al.*. Broadband metal/glass single mode fiber polarisers. *Electron. Lett.*, 1986, **22**(9): 1021~1021
- [4] Markatos S, Zervas M N, Giles I P. Optical fiber surface plasma wave devices. *Electron. Lett.*, 1988, **24**(5): 287~288

- [5] Stolen R H , Pleibel W , Simpson J R *et al.*. Short W-tunneling fiber polarisers. *Electron. Lett.* ,1988 ,**24**(9): 524~525
- [6] Carey S , Johnstone W. Characterization of surface plasma wave polarising devices. *Electron. Lett.* ,1991 ,**27**(11): 988~991
- [7] Wang Anbo , Arya C , Manish H *et al.*. Optical fiber polarizer based on highly birefringent single mode fiber. *Opt. Lett.* ,1995 ,**20**(3) 279~281
- [8] 田文强 ,梁毅 ,简水生. 保偏光纤无源器件. 光通信技术 ,1995 ,**19**(3) 230~236
- [9] 关铁梁. 光纤偏振器件性能及工艺进展. 光通信技术 ,1993 ,**17**(6) 331~338
- [10] 肖天鹏 ,何耀基 ,黄剑平等. 一种全新结构的保偏光纤及其器件. 光纤与电缆及其应用技术 ,1997 ,(1) 33~44
- [11] Chang C L. Fiber optic polarizer. *USA. Patent.* 4,795,233. 1989-01
- [12] Todd D A , Robertson C R J , Failes M. Polarization-splitting polished fiber optic couplers. *Opt. Engng.* ,1993 ,**32**(9) 2077~2081
- [13] Rashleigh S C , Marrone M J. Polarisation holding in coiled high-birefringence fibers. *Electron. Lett.* ,1983 ,**19**(22) 850~851
- [14] 王子华. 晶体包层型光纤偏振器的理论分析. 光学学报 ,1992 ,**12**(5) 462~465
- [15] 王旭 ,黄肇明 ,朱红卫. 金属包层型平面光波导偏振器和在线单模光纤偏振器的理论和实验研究. 红外与毫米波学报 ,1994 ,**13**(3) 235~240
- [16] 胡永明. 保偏光纤偏振器研究. [博士学位论文] 北京 :清华大学 ,1999
- [17] 倪明 ,胡永明 ,陈哲等. 金属覆层保偏光纤偏振器的五层波导模型及理论分析. 光学学报 ,2001 ,**21**(2) :142~146
- [18] 倪明 ,胡永明 ,陈哲等. 应用自适应套孔爬山法求解多层光波导复本征方程. 光电子·激光 ,1999 ,**10**(5) 411~414

Manufacture of a Double Polarization Structure of Polarization Maintaining Fiber Polarizer

Hu Yongming¹⁾ Liao Yanbiao²⁾ Chen Zhe²⁾ Meng Zhou¹⁾ Ni Ming¹⁾

(1) , *Department of Photoelectrical Engineering , College of Science , National University of Defense Technology , Changsha 410073*
 (2) , *Department of Electronics Engineering , Tsinghua University , Beijing 100084*

(Received 21 December 1999 ; revised 5 June 2000)

Abstract : A double polarization structure and the result used in manufacturing polarization maintaining fiber polarizer are reported. By comparing the test results of single and double polarization structure fiber polarizers , the conclusion can be drawn that the double one is a useful structure to improve the extinction ratio and temperature characteristics.

Key words : polarization maintaining fiber ; fiber polarizer ; double polarization structure ; temperature characteristics