

# 光纤环形器中偏振棱镜系统的 实验设计与制作\*

朱丹 阎国蜀 胡力 林为干

(电子科技大学宽带光纤传输与通信系统技术国家重点实验室, 成都 610054)

**提要** 本文设计了一种新型的偏振棱镜系统,它具有损耗小、隔离度高、结构紧凑、调试方便等诸多优点。该偏振棱镜系统的损耗为 0.6 dB,隔离度为 24 dB。以此为基础做成的光纤环形器指标为,波长在 1.3  $\mu\text{m}$  时,插入损耗(包括光纤对接损耗): 2.2~2.4 dB,隔离度: 20.5~23.1 dB。

**关键词** 光纤环形器,偏振棱镜系统

## Experimental design and fabrication of polarization prism system in optical fiber circulator

*Zhu Dan, Yan Guoshu, Hu Li, Lin Weigan*

(University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054)

**Abstract** A new design of polarization prism system is described, which has many advantages, including low loss, high isolation, compact construction and convenient adjustment. Its loss and isolation are 0.6 dB and 24 dB respectively. By using this system, it was experimentally confirmed that the insertion loss, including fiber connection loss and the isolation of the circulator at 1.3  $\mu\text{m}$  are 2.2~2.4 dB and 20.5~23.1 dB, respectively.

**Key words** optical fiber circulator, polarization prism system

## 1 引 言

随着光纤通信技术已开始进入实用化阶段,对各种光纤器件的需求迅速增加,从而对光纤环形器的研究也日益活跃起来<sup>[1-3]</sup>。目前,国内见诸报道的环形器指标为,插入损耗: 2.0~2.2 dB,隔离度: 20~21 dB。但上述环形器皆不带光纤输入、输出端口,与光纤系统连接十分不便,而且指标将大受影响。一般说来,在与光纤系统连接时,总附加损耗可达 1.5 dB 以上;同时,由于光束略有发散,其隔离度指标也将有明显下降。综合考虑这些因素,我们首次采用带尾纤的

收稿日期: 1991年3月7日;收到修改稿日期: 1991年7月4日。

\* 国家“七五”科技攻关资助项目。

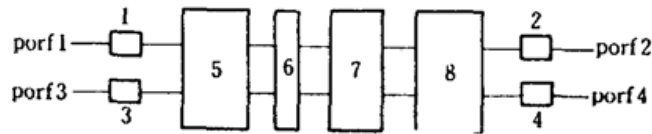


Fig. 1 Schematic diagram of optical fiber circulator

- 1, 2, 3, 4—GRIN rod lens;                      5, 8—Polarization prisms;  
6—Faraday rotator;                              7—Polarization compensator

自聚焦棒透镜作为输入、输出端口(见图 1),并与偏振棱镜作为一个整体,这样与光纤系统连接十分方便,且附加损耗极小,向实用化迈进了一大步。环形器是利用法拉第效应取得非互易,而用偏振棱镜交换内部光路,即偏振分光棱镜对入射光进行起偏,出射的两束偏振光由偏振合光棱镜合成一束输出。根据环形器的特殊要求,棱镜必须有高的起偏效果。对于非理想起偏,入射光除了在出射的一个端口主要输出外,还要在另一个端口有少量输出,产生由于非理想起偏引起的损耗和使隔离度指标下降。因此,偏振棱镜在光纤环形器中起着举足轻重的作用,对器件的指标影响很大。我们采用方解石负单轴晶体做偏振棱镜,得到了较小的损耗和优良的隔离度指标。

## 2 实验设计

方解石偏振分合光棱镜如图 2 所示。方解石的光轴垂直于纸面。

方解石偏振分光棱镜由两块棱镜 *A* 和 *B* (图 2)用匹配胶粘合而成。匹配胶为硅脂,在  $1.3 \mu\text{m}$  波长折射率为 1.45,与方解石中 *e* 光的主折射率相近;透光率为 89%。光在胶合面的临界角为  $62.3^\circ$ 。

这样就得到两束分离的线偏振光。考虑到环形器的特点,偏振合光棱镜与分光棱镜完全相同。

然而在满足全反射条件下寻常光并非不进入匹配胶中,其消逝波将在胶中传播。若增大入射角将使 *o* 光的反射率增加<sup>[4]</sup>。匹配胶的厚度约为  $3 \mu\text{m}$ ,根据计算,若要得到大于 20 dB 的隔离度,入射角至少应在临界角的基础上增加  $1.25^\circ$ 。

由于粘接两棱镜的匹配胶的折射率与 *e* 光折射率不完全相同,一小部分 *e* 光会在胶合面反射,使隔离度和插入损耗指标变差。因此,必须最大限度地降低 *e* 光的反射率。*e* 光的反射率还与入射角密切相关,因而应该恰当选择入射角的大小。

根据电磁理论中的 Fresnel 公式<sup>[4]</sup>,由计算机算得入射角与 *e* 光反射率的关系如图 3 所示。

因此,同时考虑 *o* 光和 *e* 光的特点,我们选定的入射角为  $64^\circ$ 。

在偏振棱镜的设计中还必须考虑入射到棱镜 *B* 与空气界面上的 *o* 光和 *e* 光均应发生全反射后射出棱镜(见图 2)。*o* 光和 *e* 光在棱镜与空气的界面发生全反射的临界角分别为  $36.9^\circ$  和  $42.6^\circ$ 。

为减小反射损失,我们在棱镜的输入、输出端面均镀上对  $1.3 \mu\text{m}$  波长光的增透膜,使垂直入射在棱镜表面的光的反射率由 4% 降至 0.3%,这样使损耗降低 0.3 dB 左右。

缩短光程也是减小损耗的有效方法。但减小各组件的尺寸将给调试带来困难。故将偏振棱镜设计为不规则形状,使光路缩短。在调试中只需对分光棱镜与合光棱镜之间的光束作较简

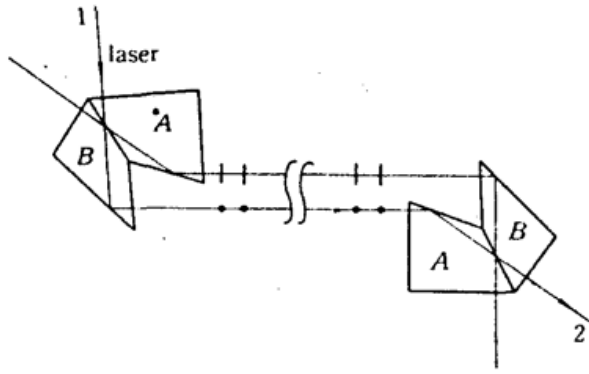


Fig. 2 Schematic diagram of polarization prism system

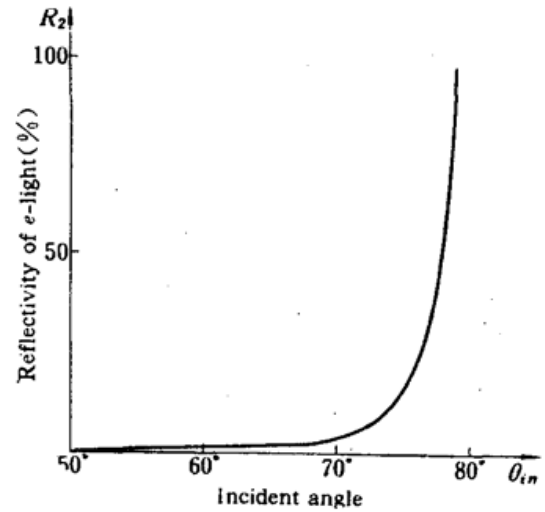


Fig. 3 Relationship between incident angle and reflectivity of extraordinary light

单的观察,即只要入射光的方向不变,则有一偏振光束的方向不变,这样转动棱镜使两偏振光束平行就可知道光路已调好。使调试大为简化。根据入射角、法拉第旋转器和自聚焦棒透镜的尺寸等因素,我们设计的方解石分合光棱镜系统如图 2 所示。

### 3 实验结果及讨论

上述偏振分合光棱镜系统的损耗为 0.6 dB,隔离度为 24 dB。利用这种棱镜系统制成的光纤环形器的插入损耗(包括光纤对接损耗)为 2.2~2.4 dB,隔离度为 20.5~23.1 dB(见表 1)。例如:从端口 1 入射的光按环形规则应从端口 2 出射,这时端口 1→端口 2 的插入损耗为 2.4 dB,其相应于端口 3、4 的隔离度分别为 23.1 dB 和 21.2 dB。其余以此类推。

Table 1 Insertion loss including fiber connection loss and isolation of circulator (dB)

| Input | Output |      |      |      |
|-------|--------|------|------|------|
|       | 1      | 2    | 3    | 4    |
| 1     | —      | 2.4  | 23.1 | 21.2 |
| 2     | 20.5   | —    | 2.2  | 22.0 |
| 3     | 20.7   | 22.1 | —    | 2.3  |
| 4     | 2.3    | 21.3 | 21.1 | —    |

最近,我们新配制了一种在 1.3 μm 波长折射率为 1.485 的匹配胶。根据理论计算可知,隔离度可达 30 dB 以上。

### 参 考 文 献

- 1 T. Matsumoto, K. Sato, *Appl. Opt.*, **19**, 108(1980)
- 2 H. Iwamura, H. Iwasaki et al., *Electr. Lett.*, **15**, 830(1979)
- 3 Xuejin Yan, Shangqin Xiao, *J. Appl. Phys.*, **65**, 1664(1989)
- 4 M. 玻恩, E. 沃耳夫, 光学原理, 科学出版社(1978)