

光通信 DWDM 系统的 100GHz 窄带滤波片 设计和研制*

谌达宇 张荣君** 朱伟丹 陈宝辰 缪健 李申初 陈良尧

(复旦大学信息学院光科学与工程系, 上海, 200433;

复旦汇成先进光电子器件联合实验室, 上海, 200433)

摘要 根据全介质 F-P 多层介质薄膜滤波器的原理, 设计并模拟计算了一种三腔 100GHz 窄带通滤波片膜系结构, 利用等离子辅助镀膜和光学监测技术, 在 F7 玻璃衬底上完成了器件的制备, 并解决了衬底减薄、抛光和后继镀膜等关键工艺. 光谱特性测量的结果表明, 研制的器件将在光通信以及信息技术的其它领域具有重要的应用价值.

关键词 DWDM, 薄膜, 窄带滤波片, 等离子体辅助镀膜.

STUDY OF 100GHz NARROW BANDPASS DWDM FILTERS IN THE FIBER OPTICAL COMMUNICATION*

CHEN Da-Yu ZHANG Rong-Jun ZHU Wei-Dan CHEN Bao-Chen MIAO Jian

LI Shen-Chu CHEN Liang-Yao

(Department of Optical Science and Engineering, Fudan University, Shanghai 200433, China;

Fudan-huicheng Advanced Photonics Devices Joint Research Lab., Shanghai 200433, China)

Abstract A three cavities 100GHz narrow band pass filter was designed and simulated according to the theory of dielectric Fabry-Perot filter. With the help of the Advanced Plasma Aided Deposition and an optical monitoring system, a DWDM filter was coated on the F7 substrate. And problems regards grinding, polishing etc. were solved. This device could be used in the optical communication or the areas related to information technology.

Key words DWDM, thin film, narrowband pass filter, APS-IAD.

引言

近年来, 光通信系统中的密集波分复用技术越来越引起人们的广泛兴趣, 实现密集波分复用的关键器件是复用器与解复用器. 目前已在研究和发展的该类器件主要包括阵列波导、光纤光栅、介质膜滤波器等. 其中, 以带宽为 100~400GHz 的多层介质膜窄带滤波器件具有温度特性好, 性能稳定, 通道隔离可靠等优点, 因而获得了广泛的应用^[1].

尽管 F-P 多层介质薄膜滤波片的原理已有大量研究, 但为满足实际应用, 具有理想滤波特性的膜系仍需做更仔细的模拟计算. 另外还必须采用复杂精密的制膜工艺控制, 包括对膜层的生长方法、膜层厚

度的精确控制、镀膜过程的实时监控及后继工艺等, 方能得到理想的结果^[2]. 本工作对窄带介质膜滤波器的模拟设计和制备工艺进行了研究, 设计并研制了符合工业应用标准的 100GHz 窄带滤波器件.

1 膜系结构

图 1 为采用 F-P 多层介质薄膜滤波片的原理^[3], 以 Ta_2O_5 和 SiO_2 分别为高、低折射率膜层材料, 模拟计算所得的 3 腔 100GHz 滤波片理想透射谱曲线. 在模拟计算中, 按工业 ITU 标准确定中心透射波长, 膜系结构为 $(HL)^8H(4L)H(LH)^8L(HL)^8H(4L)H(LH)^8L(HL)^8H(6L)H(LH)^8L$ (其中, H、L 分别代表高、低折射率材料膜层, 数字表示

* 上海应用物理研究中心(批准号 00JC14029)资助项目
稿件收到日期 2001-08-11, 修改稿收到日期 2002-09-23

* The project supported by Shanghai Research Center of Applied Physics
(No. 00JC14029)

Received 2002-08-11, revised 2002-09-23

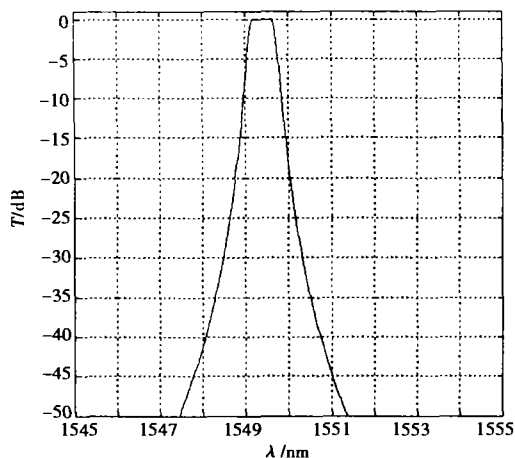


图1 模拟计算的3腔100GHz滤波片透射光谱
Fig. 1 The calculated transmittance curve of three cavities 100G filter

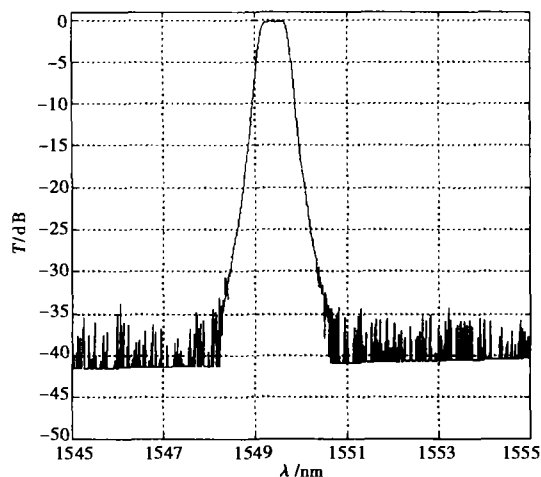


图2 实验测量获得的窄带滤波片透射光谱
Fig. 2 The measured transmittance curve of the narrow band pass filter

膜层结构重复的数目)。

2 滤波片制备

按以上膜系结构,在器件制备中采用 Leybold 公司的等离子体辅助镀膜^[4-6]和透射光强实时监测系统. 实验中,当通入工作气体后真空度被保持在 10^{-2} Pa. 衬底采用 F7 玻璃,膜层生长速率由晶振来控制,对膜层实际 $1/4\lambda$ 的光学厚度监控采用透射光强极值测量的方法完成.

在镀膜过程中我们采用了 8mm 厚的衬底,而实际应用的器件厚度则约为 1mm. 当镀膜过程结束后,还研究了用特殊方法将具有很高内应力的衬底减薄和抛光,最后再镀上增透膜,并按工业标准切割成一定尺寸,研制完成可供实际应用的器件.

3 光谱测量结果

图 2 是对研制完成的窄带滤波器的透射光谱进行测量的结果. 与图 1 的模拟计算谱相比较,器件的光谱特性已十分接近理想计算的结果. 表 1 列出了经测量获得器件的各项性能指标,在此可看到该器件已符合工业应用的要求.

4 结论

根据全介质 F-P 多层介质薄膜滤波器的原理,设计并模拟计算了一种 3 腔 100GHz 窄带通滤波片膜系结构,利用等离子辅助镀膜和光学监测技术,在 F7 玻璃衬底上完成了滤波器件的制备,并解决了衬底减薄、抛光和后继镀膜等关键工艺.

表 1 3 腔 100GHz 滤波片的性能指标
Table 1 The specification of the three cavity 100GHz filter

参 数	指 标
中心波长	ITU 波长或根据客户条件定制
中心波长误差	± 0.1 nm
通带宽度 (-0.5dB 带宽)	> 0.4 nm
通带波纹	< 0.3 dB
截止带宽 (-25dB 带宽)	< 1.6 nm
峰值插入损耗	< 0.5 dB
温度漂移	< 2.0 pm/ $^{\circ}$ C
偏振相关损耗	< 0.1 dB
尺寸	1.4mm \times 1.4mm \times 1.0mm

REFERENCES

- * * 联系作者: rjzhang@fudan.edu.cn
- [1] Ramaswami R, Sivarajan K N. *Optical Networks: A Practical Perspective*. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1999
 - [2] Willey R R. Achieving narrow bandpass filters which meet the requirements for DWDM. *Thin Solid Films*, 2001, **398/399**: 1—9
 - [3] Macleod H A. *Thin Film Optical Filters*, 3rd. Bristol and Philadelphia: Institute of Physics Publishing, 1999
 - [4] Zoller A, Gotzmann R, Matl K, et al. Temperature-stable bandpass filters deposited with plasma ion-assisted deposition. *Applied Optics*, 1996, **35**(28): 5609—5612
 - [5] Bovard Bertrand G. Ion-assisted processing of optical coatings. *Thin Solid Films*, 1991, **206**: 224—229
 - [6] Hansjörj Niederwald. Low-temperature deposition of optical coatings using ion assistance. *Thin Solid Films*, 2000, **377/378**: 21—26