

32 信道聚合物阵列波导光栅的制作与测试

许英朝^{1,2}, 张国伟^{1,2}, 鄂书林¹, 唐晓辉^{1,2}, 张大明³

(1.中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所 应用光学国家重点实验室, 吉林 长春 130033;

2.中国科学院 研究生院, 北京 100039; 3.吉林大学 集成光电子国家重点实验室, 吉林长春 130023)

摘要: 对一个 32 通道的聚合物阵列波导光栅进行了研究和制作。经过旋涂、光刻、反应离子刻蚀等工艺过程, 利用 Al 掩膜技术和回融技术进行了器件的制作。实验结果表明, 回融技术使样本的波导表面的均方根粗糙度降低了约 $0.02 \mu\text{m}$ 。测试结果表明, 器件的结构指标与理论设计值基本相符, 并且波导在 C 波段上实现了单模传输。器件的插入损耗约为 35dB, 相邻通道串扰小于 -20dB, 很好地实现了波分复用功能。

关键词: 阵列波导光栅; 聚合物; 回融技术

中图分类号: TN253 **文献标志码:** A

1 引言

密集波分复用技术(DWDM)极大地满足了现代光通信高速、大容量的需求。自上世纪末实现商用以来, DWDM 的发展速度异常迅猛。DWDM 技术的日趋成熟极大地刺激了相关器件产业的发展。阵列波导光栅(AWG)是 DWDM 光网络的关键器件之一^[1]。AWG 具有尺寸小、通道数多^[2]、结构紧凑、波长间隔小、插入损耗低^[3]、性能长期稳定, 易于与其他器件集成, 以及好的性价比等优点, 到目前仍然是人们研究的热点。

我们采用甲基丙烯酸环氧丙酯-甲基丙烯酸甲酯共聚物(PMMA)作为光波导的材料, 其中芯层的折射率为 $n_1=1.495$, 包层的折射率为 $n_2=1.483$, 折射率差为 $=(n_1-n_2)/n_1=0.8\%$ 。本文在聚合物 AWG 的制作工艺上有所改进, 所制作的器件的波导非常平滑并接近垂直。该器件在 C 波段上实现了单模传输并具有良好的波分复用性能。

2 器件的参数设计与制作

基于甲基丙烯酸环氧丙酯-甲基丙烯酸甲酯共聚物材料, 我们采用 BPM 方法设计了中心波长为 $1.5509 \mu\text{m}$, 通道间隔为 100GHz 的阵列波导光栅, 波导

芯层的宽度和厚度都是 $4 \mu\text{m}$, 相邻信道波导间距为 $15.5 \mu\text{m}$, 相邻阵列波导长度差为 $58.4 \mu\text{m}$, 自由光谱范围 FSR 为 27.54nm, 输出/输入信道波导数及阵列波导数分别为 32 和 150。

下面根据采用光束传播方法(BPM)模拟的结果, 给出 32 通道的 AWG 器件的传输光谱, 如图 1 所示。

在实验中, 以硅材料为衬底。在硅衬底片上用 KW-4A 型台式匀胶机依次旋涂下包层和芯层, 转速 3000rpm, 时间为 20 秒。在 120 温度下坚膜 2 小时, 使材料固化交联。坚膜完成后采用真空蒸发的方法在上包层淀积一层薄铝膜。再旋涂一层光刻胶并放在 80 的恒温烘箱中烘焙 20 分钟。然后进行光刻, 曝光时间为 35 秒。用质量比为 1% 的 NaOH 溶液进行显影。

形成波导时采用反应离子刻蚀(RIE), 刻蚀时间控制在 40~45 分钟, 刻蚀之后用 1% 的 NaOH 溶液除去波导上面的铝, 至此波导形成。然而在制作过程中所形成的波导侧壁往往会有些凹凸不平, 由于其侧壁的不光滑而引起的传输光的散射将产生较大的传输损耗。

在制备器件的过程中, 我们采用“回融技术”来降低聚合物表面和波导侧壁的不平整度。其做法是选用适当溶剂作为气体蒸发源, 在密闭的容器中, 选择合适的温度和时间, 对未旋涂上包层的聚合物波导样本进行回融处理, 在蒸汽的作用下凹凸部位逐渐变得舒缓, 从而形成比较光滑的聚合物波导芯层表面和侧壁, 减小了聚合物阵列波导光栅的波导表面和侧壁粗糙度, 有效地降低了光在波导中传输时由于波导表面和侧壁粗糙引起的散射损耗。实验结果显示回融技术使样本的波导表面的均方根粗糙度降低了约 $0.02 \mu\text{m}$ 。

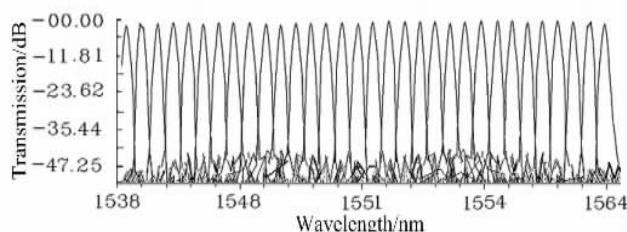


图 1 32 通道 AWG 的传输光谱的模拟结果

收稿日期: 2006-02-28。

基金项目: 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所现代光学创新基金(C03Q14Z)资助; 长春市科技计划项目(05GG13)资助。

作者简介: 许英朝(1981-), 男, 硕士生, 研究方向为聚合物光波导器件的研究。

图 2 为输入波导的显微镜照片, 可以看出波导比较平滑。最后用 3000rpm 的速度旋涂上包层, 在 120 温度下坚膜 2 小时, 抛光之后便可以进行测试。

3 器件的测试结果与讨论

器件的测试工作是在我们搭建的光通信器件测试系统平台上进行的。包括 CCD 相机、AQ6317C 型光谱分析仪、日本骏合公司生产的六维精密微调架、波长范围为光通信波段的 TSL-210 型可调谐激光器等。为了提高耦合效率, 单模拉锥光纤与波导进行端面耦合。图 3 拉锥光纤和 AWG 输入波导部分的耦合图。半导体激光器输出的红外光通过单模拉锥光纤将光信号由波导器件端面耦合进波导中, 器件的输出信号由红外摄像机探测, 并显示在监视器上。图 4 为近场模式图。

测得 AWG 器件的传输光谱如图 5 所示。从图中

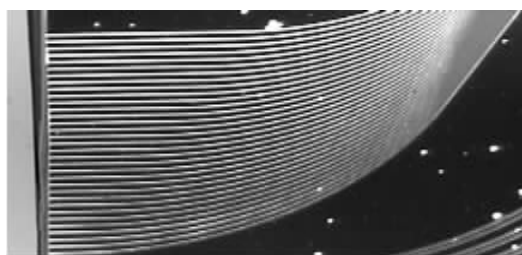


图 2 输入波导的显微镜照片

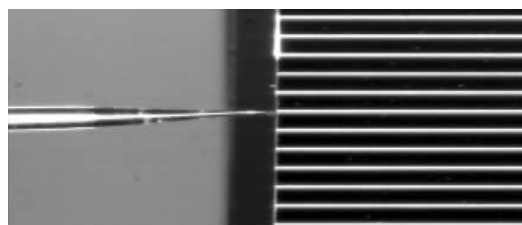


图 3 拉锥光纤和 AWG 输入波导部分的耦合



图 4 AWG 输出信号的近场模式图

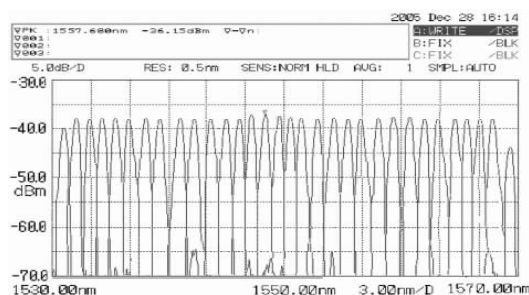


图 5 AWG 输出光谱图

可以看出器件的相邻通道间串扰大约为 20dB, 中心波长的插入损耗比较大, 达到近 35dB, 比模拟结果大 32dB。器件损耗较大主要来源于两个方面因素: 一是波导尺寸仅为 $4 \times 4 \mu\text{m}$, 光纤与小尺寸的波导结构的耦合损耗较大, 实验得出器件的耦合损耗约为 5.5dB; 所采用的聚合物材料的传输损耗较大, 运用 Cut-back 方法^[4]测得材料传输损耗为 1.8dB/cm。

4 结束语

我们设计制作的中心波长为 $1.5509 \mu\text{m}$, 通道间隔为 100GHz 的 32×32 的聚合物阵列波导光栅, 经测试结果表明, 器件相邻通道间的串扰约为 20dB, 但是中心波长的插入损耗较大, 约为 35dB, 这主要是由于所用材料的传输损耗以及光纤与波导的耦合损耗比较大造成的。在以后的工作中将选用传输损耗较小的聚合物材料进行器件的制作; 同时通过提高版图的制版精度以及采用更为精细的工艺条件, 整个器件的性能有望明显提高。

参考文献:

- [1] SMIT M K. New Focusing and Dispersive Planar Component Based on Optical Phased Array [J]. Electronics Letters, 1988, 24 (7): 385-386.
- [2] TAKADA K, YAMADA H, OKAMOTO K. 320-channel multiplexer consisting of 100 GHz-spaced parent AWG and 10 GHz-spaced subsidiary AWGs. Electron. Lett, 1999, 35 (10): 824-826.
- [3] SUGITA A, KANEKO A, OKAMOTO K. et al. Very low insertion loss arrayed-waveguide grating with vertically tapered waveguides [J]. Photonics Technology Letters, 2000, 12 (9): 1180-1182.
- [4] ZHAO Yu, ZHANG Da-ming, WANG Fei, et al. Fabrication techniques for polymer/Si optical waveguide [J]. Optics & Laser Technology, 2004, 36 (8): 657-660.

Design and fabrication of polymer arrayed waveguide grating

XU Ying-chao^{1,2}, Zhang Guo-wei^{1,2}, E Shu-lin¹,

TANG Xiao-hui^{1,2}, ZHANG Da-ming³

(1. State Key Laboratory of Applied Optics, Changchun

Institute of Optics and Fine Mechanics and physics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033;

2. Graduate School, Chinese Academy of Sciences,
Beijing 100039, China;

3. State Key Laboratory on Integrated Optoelectronics,
Jilin University, Changchun 130023, China)