

文章编号: 0258-7025(2002)Supplement-0418-03

光刻胶在二元光学元件制作工艺中的行为研究*

孔令彬^{1,3} 易新建¹ 王典洪³ 陈四海¹ 黄 光²

〔 华中科技大学¹ 光电子工程系激光技术国家重点实验室
² 图像信息处理与智能控制教育部重点实验室, 武汉 430074
³ 中国地质大学机电工程系电信教研室, 武汉 430074 〕

摘要 在二元光学衍射微透镜的制作工艺中,光刻胶的行为和特性对衬底的最终图形有着极为重要的作用。光刻和刻蚀两道工序都要求实际图形与掩模版的图形达到很高的一致性,这样才能实现元件被高保真地制作到衬底上。在整个工艺过程中,由于不同光刻胶表现不同的行为特性使得所制作的器件性能有较大的区别。通过比较不同光刻胶在不同工艺过程中的行为,在二元光学元件的制作中,通过选用特性不同的光刻胶:在第一次光刻刻蚀台阶较深时,选择粘度系数较大,高感光度,耐刻蚀的厚胶;在套刻中,刻蚀台阶较浅时,选用高分辨率、高陡直度、耐高温的薄胶,最终制作出了性能良好的二元光学元件。

关键词 二元光学, 光刻, 光刻胶, 刻蚀

中图分类号 TN214 **文献标识码** A

Research on the Photoresist Action in Fabrication of Binary Optical Elements

KONG Ling-bin^{1,3} YI Xin-jian¹ WANG Dian-hong³ CHEN Si-hai¹ HUANG Guang²

〔 ¹ State Key Laboratory of Laser Technology, Department of Optoelectronic Engineering, Huazhong University of Sciences and Technology, Wuhan 430074
² State Key Laboratory for Image Processing and Intelligent Control, Huazhong University of Sciences and Technology, Wuhan 430074
³ Department of Mechanic and Electronic Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074 〕

Abstract The photoresist is very important in fabrication of Binary Optical Elements (BOE). In this paper, different photoresist are used and compared in the photolithography and etching process of fabricating BOE. By adjusting the type of photoresist according to various patterns, BOE with good performance have been accomplished.

Key words binary optics, photolithography, photoresist, etching

1 引 言

二元光学元件在微光学成像、光束整形和会聚、光计算与光互连中有着广泛的应用^[1]。采用大规模集成电路的多次掩模光刻和刻蚀技术制作二元光学元件阵列是较为传统和实用的制作方法,其工艺过程主要包括:利用光刻技术将设计的掩模版图形转印到有光刻胶的衬底表面;利用刻蚀技术将光刻胶的图形转移到衬底表面,形成所需的表面浮雕结

构^[2]。

图 1 给出了衍射微透镜阵列的制作工艺过程。在整个工艺过程中,由于不同光刻胶在甩胶、前烘、曝光、显影、坚膜、刻蚀或腐蚀等工艺中表现不同的行为特性(附着性、均匀性、边缘效应、分辨率、感光度、高温形变、耐刻蚀性等),使得所制作的器件性能有较大的区别。本文详细研究了不同光刻胶在不同工艺过程中的行为。在二元光学元件的制作中,通过选用不同的光刻胶最终制作出了性能良好的二元光学元件。

* 国家自然科学基金(60086003)资助课题

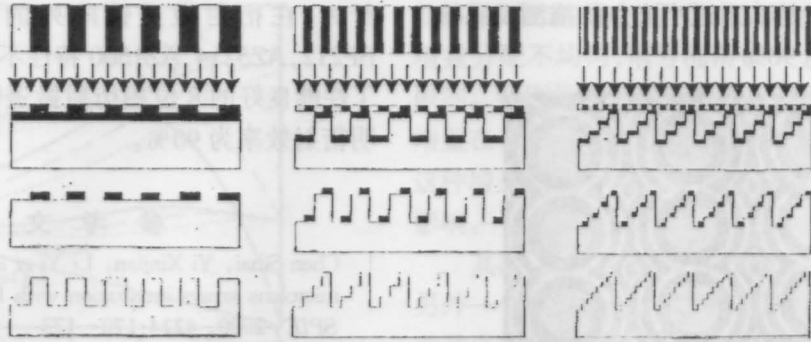


图1 二元光学制作八台阶衍射光栅元件的工艺流程

Fig.1 The fabrication process of 8-phase-level diffractive grating by binary optics method

2 实验研究

如图2所示,要形成 2^n 级台阶的二元光学元件的方法,需要 $n-1$ 次对准套刻。在每一次台阶形成过程中,都包括如下工序过程:清洗、涂胶、前烘、曝光、显影、坚膜、刻蚀、去胶。在每一个工序中,都必须严格处理。如果基片表面未处理干净,沾有油污、水气、灰尘或其他杂质,则使涂胶不均匀和沾润不良,因而在后续的工艺中容易产生脱胶、钻蚀和针孔等现象。由于这些现象的存在,必然会造成复制的图形不清晰,或尺寸改变,甚至光刻失败。涂胶时,如果粘附不牢,会产生浮胶、针孔等现象,这是必须避免的。为了使胶同基片粘附良好,对于不同的基片和不同的胶,应采取不同的处理方式。例如在硅基片上涂覆AZ1500胶或AZ5216胶,在涂胶前,在基片上先涂覆一层增强剂(Promoter),稍后,再涂胶就可增加胶的附着性。胶前烘温度不能过高,时间也不宜太长,否则会使胶膜发生聚合,曝光时就会使图形不清。曝光时间必须很好控制。曝光时间过长,会引起皱胶,在显微镜下观察到胶膜不平滑,呈

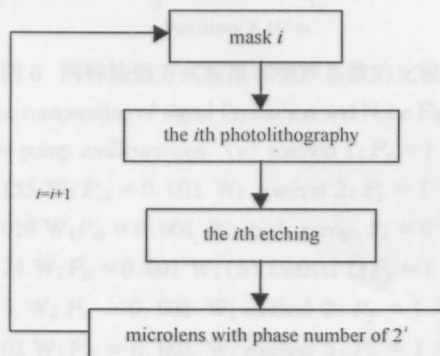


图2 多次套刻制作衍射微透镜阵列工艺流程图

Fig.2 The fabrication process of diffractive microlens arrays by multi-photolithography

橘皮状,而且图形边缘出现锯齿状;曝光时间不足,在显微镜下观察到胶膜发黑,胶膜上有针孔,边缘呈锯齿状。曝光时间同基片表面反光的强弱有很大的关系。显影是把经过曝光的基片放入显影剂中,使没有感光(正性光刻胶,对于负性光刻胶,作用正好相反)的部分溶解掉。每一种光刻胶均有相应的显影剂。显影时间一般控制在1 min左右,根据具体情况可以有所增减。显影时间没有曝光时间要求严格,但也不能相差太大。显影时间过长,容易使边缘不整齐;显影时间不足,胶就显得不干净,图形就会模糊不清,影响以后刻蚀的正常进行。从图1可以看出,二元光学元件的制作是将胶的图形,通过刻蚀迭代转移到衬底上,每次刻蚀的深度 d 相应递减,且

$$d = \frac{\lambda}{(n-1)2^i} \quad (1)$$

其中 λ 为设计波长, n 为透镜材料折射率, i 为刻蚀次数^[3]。当选用精度更高的离子束刻蚀时,每一次胶掩模的高度必须大于相应的 d 的大小。而不同的胶耐刻蚀的能力不同,因此必须针对每一次刻蚀深度而选择相应的胶。表1比较了几种光刻胶在上述工艺中的特性。

表1 光刻胶特性比较

Table 1 The comparison of photoresist

type	BP212	AZ5214	AZ1500
viscosity	great	medium	small
resolution	low	high	high
etching rate	slow	middle	fast
pattern	2 phase	4 phase	8 phase

通过选用BP212、AZ5214和AZ1500分别进行了2位相、4位相、8位相的套刻工艺,我们制作了8位相的衍射微透镜阵列,扫描电镜照片(SEM)如图3所示。由图3可以看出,所制作的微透镜边缘清

晰,图形整齐,层次清楚。通过小光点扫描测试系统测得其衍射效率高达 90%^[4]。

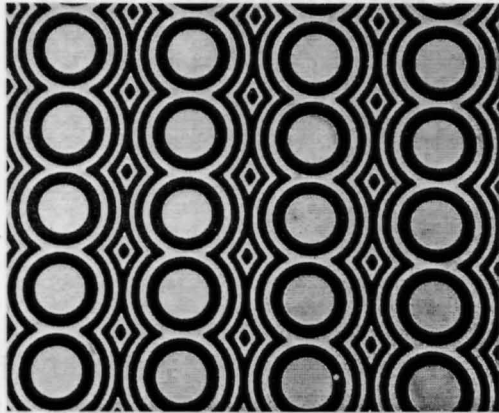


图3 8位相衍射微透镜阵列的SEM照片

Fig.3 SEM photograph of 8-phase-level microlens arrays

3 结 语

通过比较不同光刻胶在不同工艺过程中的

行为,在衍射微透镜阵列的制作中,选用三种BP212,AZ5214,AZ1500 特性不同的光刻胶,制作出了性能良好的8位相衍射微透镜阵列,测试结果表明衍射效率为90%。

参 考 文 献

- 1 Chen Sihai, Yi Xinjian, Li Yi *et al.*. Design of diffractive microlens arrays integration with focal plane arrays. *Proc. SPIE*, 2000, **4224**:170~173
- 2 Chen Sihai, Yi Xinjian, He Miao *et al.*. Research on hybrid device of Si microlens arrays with long focus and IR detector arrays. 25th International Conference on Infrared and Millimeter Waves., 2000:147~148
- 3 Chen Sihai, Yi Xinjian, Li Yi *et al.*. Research on hybrid device of Si microlens arrays with long focus and IR detector arrays. *International Journal of Infrared and Millimeter Waves.*, 2001,**22**:383~388
- 4 Chen Sihai, Yi Xinjian, Liu Luqin *et al.*. Research on the optical performance of small F number diffractive microlens arrays. *Acta Photonica Sinica*(光子学报), 2001, **30**(5): 608~613(in Chinese)



图1 衍射微透镜阵列的制作工艺流程图