

# 适用于厚膜剥离的图形反转双层胶光刻技术

郭 喜, 支淑英, 杨春莉, 巩 爽  
(华北光电技术研究所, 北京 100015)

**摘 要:**介绍了一种适用于厚膜剥离的图形反转双层胶光刻技术,采用图形反转胶和正型光刻胶,选择合适的光刻工艺形成了光刻胶“倒梯形”的剖面结构,可以成功剥离与胶层厚度相同的膜层,厚度可达 13  $\mu\text{m}$ 。同时对一些技术机理和关键工艺条件进行了讨论。

**关键词:**图形反转;双层光刻胶;厚膜剥离;倒梯形

中图分类号:TN205 文献标识码:A

## Image-reversal dual layer photolithography technology for thick film lift-off

GUO Xi, ZHI Shu-ying, YANG Chun-li, GONG Shuang  
(North China Research Institute of Electro-optics, Beijing 100015, China)

**Abstract:** The paper introduced the image-reversal dual layer photolithography technology that is suitable for thick film lift-off. The reverse trapeziform shape of resist was made by coating an image-reversal resist layer on a thicker positive resist layer, this technology can achieve the 13  $\mu\text{m}$  thick film lift-off without high edge. And some mechanism problems are discussed.

**Key words:** image-reversal; dual layer resist; thick film lift-off; reverse trapeziform shape

### 1 引言

光刻剥离技术是一种与一般光刻技术不同的重要技术,它是通过光刻胶曝光显影后形成的图形对膜层作掩蔽,以形成不同要求的膜层图形。光刻剥离技术的关键同光刻胶层的剖面形状有着极重要的关系,如果胶层剖面呈“倒梯形”,则使得胶层侧壁上没有膜层或者膜层非常薄,从而使光刻胶层能较快地溶解,并且容易将其上面膜层剥离掉,如图1所示。

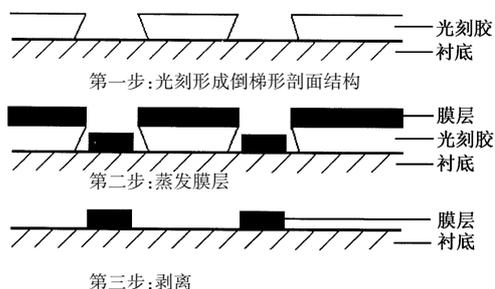


图1 倒梯形胶层剖面的剥离工艺示意图

一般情况下光刻出的胶层都是“正梯形”或垂

直的剖面结构,为了实现厚膜的成功剥离,需要光刻出至少两倍厚度的光刻胶层;然而具有“倒梯形”剖面结构的光刻胶层可以实现与其相同厚度膜层的剥离,但是“倒梯形”剖面结构很难得到,需要双层胶、表面钝化等特殊工艺技术才可以实现。

本文介绍了一种采用双层胶和正胶图形反转工艺相结合的光刻技术,形成了光刻胶“倒梯形”的剖面结构,成功实现 13  $\mu\text{m}$  厚膜的剥离。

### 2 实验

#### 2.1 实验步骤

##### (1) 样品准备

样品 A, B 为铽化钕光片,样品 C 为具有台面结构的铽化钕芯片。

##### (2) 涂布正型光刻胶

**作者简介:**郭 喜(1981-),男,本科,工程师,主要从事铽化钕红外探测器技术方面的研究。E-mail: hudiefei\_gx@yahoo.com.cn

收稿日期:2009-10-21

- (3)前烘
- (4)涂布反转光刻胶
- (5)前烘
- (6)光刻版掩膜曝光
- (7)反转烘焙
- (8)泛曝光
- (9)显影
- (10)数据测量
- (11)蒸发膜层
- (12)剥离

## 2.2 实验结果

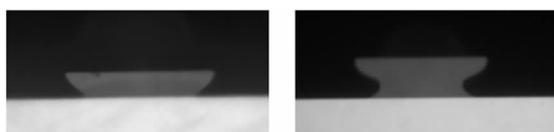
样品的光刻胶厚度、图形尺寸等实验数据如表1所示。“缩进尺寸”指胶层下面相对上面向内缩进的距离。

表1 样品实验数据

(单位:  $\mu\text{m}$ )

样品号	参数		掩模尺寸	图形尺寸		缩进尺寸	
	光刻胶厚度	光刻胶厚度					
A	7.71	7.55	40	41	41	5	4
B	12.85	12.75	40	42	42	4	5
C	13.27	13.77	100	101	101	11	11

通过实验研究光刻工艺参数,最终确定出合适的工艺条件,成功制作出具有“倒梯形”剖面结构的光刻胶图形,如图2所示。样品A为 $8\ \mu\text{m}$ 厚的单层反转胶,基本达到其极限厚度;样品B为双层光刻胶,上层为反转胶,下层为普通正胶,总厚度达到 $13\ \mu\text{m}$ ,两个样品都形成了有利于剥离的“倒梯形”胶层剖面。

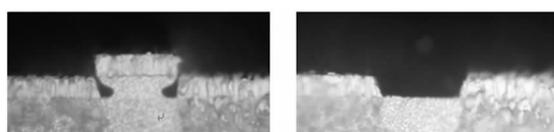


样品 A: 单层反转胶

样品 B: 双层光刻胶

图2 光刻胶剖面显微镜照片

在样品B上蒸发与光刻胶厚度相同( $13\ \mu\text{m}$ )的膜层,如图3(a)所示。因为胶层具有“倒梯形”的剖面结构,可以将衬底和胶层上的膜层有效地分离,而且胶层侧壁上也没有膜层覆盖,使得与胶层厚度相同的厚膜能够成功剥离,并且剥离后膜层边缘整齐干净、无高沿,如图3(b)所示。



(a)蒸发膜层后

(b)剥离后

图3 样品B蒸发膜层后、剥离后显微镜照片

图形反转双层胶光刻技术可以成功实现厚膜的剥离,并且具有更好的剥离特性和膜层形貌,可以应用于铽化铟红外探测器芯片的各种膜层及钢柱的制备。如图4所示,样品C是采用台面工艺的铽化铟探测器芯片,应用该技术成功实现厚膜剥离,在其表面上制备出合格的红外吸收膜层。

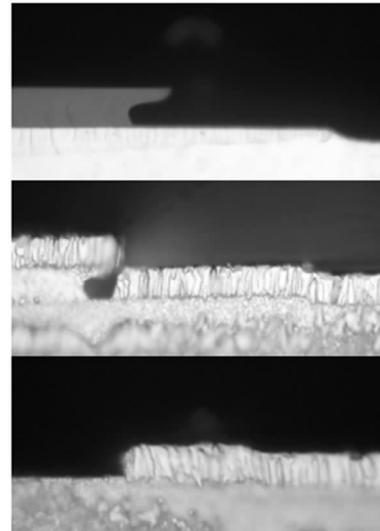


图4 样品C胶层剖面、蒸发膜层后和剥离后显微镜照片

## 3 讨论

### 3.1 反转胶图形反转

反转胶按照正常光刻工艺使用时具有正型光刻胶的性质,然而在加上反转烘焙和泛曝光两道工序后又可作为负胶使用。其优点是:可以使用正版或负版;与负性光刻胶相比膨胀小,光刻后的图形失真小;经过图像反转后的光刻胶抗干法刻蚀能力强;可形成“倒梯形”的胶层剖面,有利于剥离。

当反转胶掩膜曝光时,掩膜曝光区域的光敏成分转变成羧酸,亲水,可溶于碱性显影液中;反转烘焙导致树脂部分在相对较高的温度下发生交联反应,而以上产生的酸对交联反应有促进作用,在曝光的区域发生的交联反应比未曝光的区域中多得多,结果在泛曝光后掩膜曝光区域比未掩膜曝光区域溶解性低,从而未掩膜曝光区域被显掉而曝光的区域留下来实现了图像反转。

### 3.2 “倒梯形”胶层剖面形成

当紫外线照射到反转胶上时,从胶层表面到深处其吸收的能量逐渐减少,从而发生的光化学反应逐渐减弱;掩膜曝光后,胶层表面产生的酸类物质较多,在反转烘焙时产生的难溶物质较多,从而在显影时形成了“倒梯形”的胶层剖面。

双层胶工艺中下层为普通正胶,在泛曝光后可完全溶解于显影液,掩膜曝光区域由于难溶性反转

胶的阻挡而保留,但其溶解速度比反转胶要快,显影时向内侵蚀的较多,所以进一步形成了有利于剥离的胶层剖面。

### 3.3 关键光刻工艺条件

结合表2和图5可以看出,影响光刻胶剖面结构的关键光刻工艺条件有:掩模曝光时间、反转烘焙温度和泛曝光时间。通过理论分析和实验验证,当其他光刻工艺条件合适且不变的情况下,在选取短掩模曝光时间、低反转烘焙温度或长泛曝光时间这些工艺条件时,光刻胶层更容易形成“倒梯形”的剖面结构。

表2 光刻工艺条件与光刻胶剖面结构关系

	掩模曝光	反转烘焙	泛曝光
High	①	①	②
Low	②	②	①

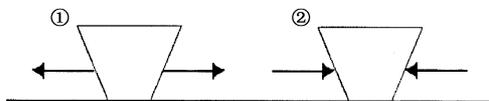


图5 光刻胶剖面结构变化示意图

### 3.4 双层光刻胶厚度和尺寸控制

单层反转胶可达到 $8\ \mu\text{m}$ 的厚度,可满足蒸镀 $8\ \mu\text{m}$ 膜层的要求,为了达到 $13\ \mu\text{m}$ 或更厚膜层的蒸镀剥离要求,采用反转胶和正胶双层光刻胶的方法来解决厚度的问题。上层反转胶的厚度较薄,决定双层光刻胶厚度的主要是下层正胶的厚度,通过选用黏度较大的正胶和适当的匀胶转速可以获得较厚的光刻胶厚度。另外,光刻工艺中的显影时间、掩模曝光和泛曝光时间等条件的选取与搭配直接影响着留膜率,即光刻胶厚度,需要通过大量的工艺条件实验来摸索并确定出具有较高留膜率的最优光刻工艺条件。

双层光刻胶的横向尺寸(图形尺寸)主要由上层反转胶来决定,“倒梯形”的角度(缩进尺寸)主要由显影时间来决定。反转胶反型后具有负胶的性质,光刻后胶层会膨胀扩大,合适的光刻工艺条件可以保证较高的横向尺寸精度,如表1所示,双层光刻胶的横向尺寸精度可以控制在 $3\ \mu\text{m}$ 以内。“倒梯形”的角度可以通过显影时间来控制,完全显影后再加长显影时间,下层胶将继续向内缩进,“倒梯形”角度将变大。

## 4 结论

光刻工艺中具有理想“倒梯形”的光刻胶剖面结构是实现成功剥离的关键因素。本文通过实验,采用双层胶和正胶图形反转工艺相结合的光刻技术,形成了光刻胶“倒梯形”的剖面结构,成功实现 $13\ \mu\text{m}$ 厚膜的剥离。与传统光刻剥离技术比较,此技术具有更好的剥离特性和膜层形貌,可以应用于碲化铟红外探测器芯片的各种膜层及铟柱的制备。

## 参考文献:

- [1] Maisell Li, Glang R. Handbook of thin film technology [M]. New York: McGraw-Hill, 1970.
- [2] Hatzakis M. Multilayer resist systems for lithography[J]. Solid State Technol., 1981, 08: 74.
- [3] Hatzakis M, Canavello B J, et al. Single-step optical lift-off “process” [J]. IBM J Res Dev, 1980, 24: 452.
- [4] Peng Yao, Garrett Schneider, et al. Three-dimensional photolithography based on image reversal [J]. Proc of SPIE, 2000, 5342: 165 - 172.
- [5] 韩阶平,等. 适用于剥离工艺的光刻胶图形的制作技术及其机理讨论[J]. 真空科学与技术, 1994, 14(3): 215 - 219.