

班号 2103206 学号 210320621 姓名 吴俊达 教师签字 刘芳

实验日期 2023.4.7 组号 29 预习成绩 2 总成绩 _____

实验名称 光刻工艺

一、实验目的

1. 掌握光刻工艺流程, 以及参数设置对光刻效果的影响;
2. 制作分辨率板;
3. 制作相位光栅并测量光栅常量。

二、实验预习

1. 光刻的基本流程:

- 答: ① 前处理: 主要是清洁基片, 改善基片的表面活性, 提高粘接力;
- ② 旋胶: 首先是低速旋转将光刻胶在基片上涂布均匀, 即涂胶; 随后是高速甩胶, 把多余的光刻胶甩出基片, 达到我们需要的膜层厚度;
- ③ 软烘烤: 采用加热固化方法使光刻胶和基板结合牢固。
- ④ 对准曝光: 将掩模板上的图案刻蚀到经过软烘烤的基板上。
- ⑤ 溶剂显影: 去除刻蚀部分, 在基板上显示出光刻图案。
- ⑥ 微观检测: 采用显微镜观测刻蚀精度或检测刻蚀图案。

2. 已知光源波长, 如何通过衍射图形计算光栅的常数?

答: 将半导体激光器准直出射的激光正射到相位光栅上。

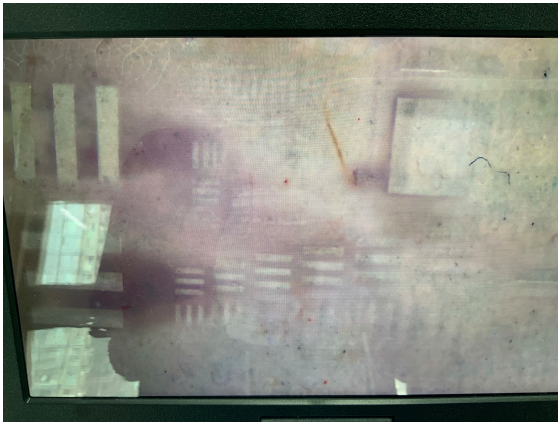
测量出射后的+1/-1级衍射光斑在白板上的距离, 利用+1/-1级衍射光的距离和白板到光栅的距离, 计算出衍射角, 根据光栅方程即可计算光栅常数。

$$(b+b')\sin\theta = k\lambda$$

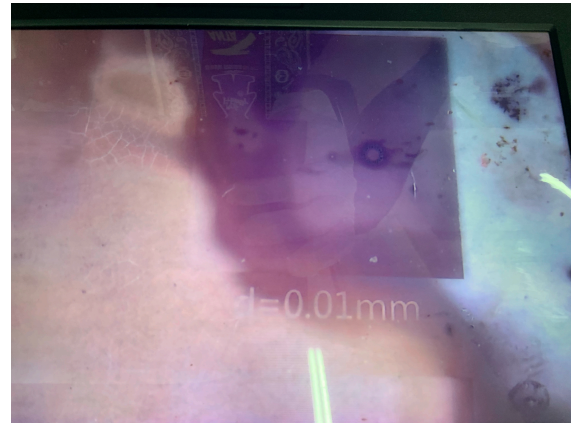
(k为衍射级次,
0为衍射角,
b+b'为光栅常数)

三、实验现象及数据记录

1. 分辨率板和光栅的图片



分辨率板图片



光栅图片

2. 光栅到白板的距离为 23.78 cm; 激光波长为 650 nm

光栅	+1 (mm)	-1 (mm)	1 级衍射角	光栅常数
1	8.1	-7.9	1.927°	$19.33 \mu\text{m}$
2	2.3	-19.2	2.588°	$14.40 \mu\text{m}$
3	30.0	-31.8	7.404°	$5.044 \mu\text{m}$
4	9.8	-21.2	3.729°	$9.994 \mu\text{m}$

教师	姓名
签字	胡芳

四、实验结论及现象分析

1. 分辨率板的光刻：效果良好，外围条纹均可分辨；最中间的分辨率板的0—5级条纹均可分辨，但最细和次细的6和7级条纹无法分辨。
2. 衍射光栅的光刻：根据数据计算得光栅的光栅常数分别为 $19.33\mu\text{m}$ ， $14.40\mu\text{m}$ ， $5.044\mu\text{m}$ ， $9.994\mu\text{m}$ ，与掩模版上的光栅常数值比照，计算得相对误差分别为3.35%，4.00%，0.88%，0.06%。

五、讨论问题

1. 光刻中曝光的方式有哪三种？并简单说明其优缺点。
2. 根据光刻胶的应用，请列举其需要具备哪些特性。

1. 答：曝光方式主要分为三种：接触式，接近式，投影式。

1) **接触式**：曝光时，掩模通过机械装置压紧或者通过真空吸附等方法，紧压在涂有光刻胶的晶圆片上。主要优点：设备简单，造价便宜，分辨率高，没有衍射效应。主要缺点：掩模版与涂有光刻胶的晶圆片直接接触，每次接触都会在晶圆片和掩模版上产生缺陷，降低掩模版使用寿命，成品率低，不适合大规模生产。

2) **接近式（非接触式）**：掩模版同光刻胶间隔 $10\sim 50\mu\text{m}$ ，实现不直接接触来转移图像。主要优点：避免晶圆片与掩模直接接触，缺陷少。主要缺点：分辨率下降，存在衍射效应。

3) **投影式**：掩模版与基片并不直接接触，而是以类似投影仪的投影方式来进行图像的转移。主要优点：曝光均匀，可进行缩小投影曝光，因此掩模的尺寸可比基片大很多倍，对掩模版的精度要求也相应降低了；主要缺点：装置价格昂贵。

2. 答：需要具有的特性有：

1) **分辨率高**。一般用关键/特征尺寸（CD）来衡量分辨率，关键尺寸越小，光刻胶的分辨率越高，转移图像的质量越好。

2) **对比度高**。对比度指光刻胶材料曝光前后化学性质（如在显影剂中的溶解度）改变的速率。对比度越高，光刻胶区分掩模版上亮区和暗区的能力就越好。

3) **灵敏度高**。灵敏度指光刻胶上产生一个良好的图形所需一定波长光的最小能量值。灵敏度越高，曝光剂量越小、时间越短。高的产出要求曝光时间短，对光刻胶的灵敏度要求也越来越高。

4) **黏附性适中、表面张力适中**。黏附性表征光刻胶黏着于衬底的强度，而表面张力指液体

中将表面分子拉向液体主体内的分子间吸引力。光刻胶应当具有较强的黏附性，才能使得硅片表面的图形不变形，且能经受住后续工艺的处理。但是黏附性太强又可能使光刻胶不能均匀覆盖整个表面，或是导致脱模困难。光刻胶应当具有较小的表面张力，使得它具有较好的流动性，可以覆盖整个基片表面，但是表面张力太小也会使其黏附能力不够，从基片上脱离，从而使图像变形。

5) 膨胀效应小。有些负胶（非曝光区溶解于显影液而形成需要的图形），在显影液中会发生膨胀效应，使图形变形。

6) 抗蚀性好。在干法刻蚀中，光刻胶的主要用途是作为防蚀剂来转移微图像，这一过程需要有选择地刻蚀，即在没有光刻胶保护的零件上刻蚀，有光刻胶的部分因其耐刻蚀能力而受到保护，从而达到图形传递的目的，所以光刻胶的抗蚀能力要强，才能保证刻蚀的图像具有很高的精度。

7) 曝光宽容度和工艺宽容度高。曝光宽容度高，有利于在光刻时使用的曝光剂量偏离了最佳曝光剂量时仍能获得较好的图形；工艺宽容度高，有利于在烘烤温度、显影时间、显影液浓度与温度等参数偏离最佳值时，光刻胶的性能变化尽可能小，进而提高转移图像精度、提高成品率。

8) 纯度高。光刻胶必须在微量金属杂质和含水量等方面达到严格的标准。