

# 离心式涂胶膜厚均匀性的影响因素分析

付永启 赵晶丽

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

**摘要** 从薄胶涂布和厚胶涂布两种情况出发, 分别详细列举和分析了它们各自不同的影响因素及控制措施, 并涂出了较均匀的胶层。

**关键词:** 离心式涂胶; 膜厚均匀性

## 1 引言

感光胶膜厚度的均匀性是光刻中的一大重要影响指标, 该指标的优劣直接影响到光刻显影后线条的宽度。例如, 当离心机涂布的圆盘坯件上胶膜中间厚两边薄时, 显影后的线条即呈现出中间线条既黑又宽, 两边线条既淡又窄(见图1)。因此, 对膜厚均匀性的控制是今后应

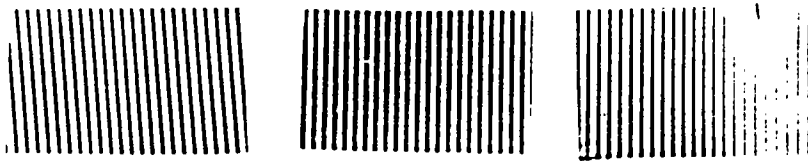


图1 放大倍率 200× 10 $\mu$ m 线宽

Fig. 1 Amplification 200× linewidth 10 $\mu$ m

予以高度重视和努力的一个方向。光刻胶涂布方法很多, 有喷雾法、提拉法、滚动法, 离心法(又称旋转法)和流动法等, 其中以提拉法和离心法用的较多, 本文仅就其中的离心法涂布作一详细的分析。

## 2 膜厚均匀性的影响因素分析

膜厚均匀性定义为有用面积上最小胶膜厚度与同一面积上最大胶膜厚度之比<sup>[1]</sup>, 即:

$$u = \frac{L_{\min}}{L_{\max}} \times 100\% \quad (1)$$

式中

$u$ ——胶膜均匀性;

$L_{\min}$ ——最小膜厚,  $\mu$ m;

$L_{\max}$ ——最大膜厚,  $\mu$ m。

由于负性胶灵敏度高于正性胶,其膜厚比正性胶正常曝光需要的膜薄,故其均匀性要求也高于正性胶。一般来讲,当均匀性高于 50% 时不会产生明显的线条质量问题。通常使用时,胶膜厚度有个确保正常成象的上下限值,当膜厚超过此限值时将产生意想不到的质量问题。对正性胶而言,曝光和胶膜厚度必须保持协调一致,例如,当胶膜厚度超过上限(即保持正常曝光的最大厚度)时,显影后将产生线条变“毛”或无影像;当胶膜厚度超过下限(即保持正常曝光所需的最小厚度)时,将导致镀铬和腐蚀等后续工序的失败。

采用离心法涂布时,胶膜厚度可按下面的经验公式确定<sup>[3]</sup>:

$$L = K \frac{P^2}{\sqrt{W}} \quad (2)$$

式中

$L$ ——胶膜厚度,  $\mu\text{m}$ ;

$P$ ——光刻胶固态物质浓度;

$W$ ——离心机转速,  $\text{rpm/s}$ ;

$K$ ——常数(与胶的类型、玻璃牌号、加速特性等有关)

用(2)式可估算出在一定的转速变化范围内膜厚的变化程度。

对于薄胶涂布和厚胶涂布,影响涂布均匀性的因素还有所不同,下面分述之。

## 2.1 薄胶涂布

影响薄胶涂布的因素有:基底不平度、离心涂布时间,起动加速度、光刻胶粘度、预烘温度等。

基底不平直接导致涂胶均匀性变差,使显影后的线条黑白比明显改变。所以采用严格的加工和测试手段以保证基底的不平度,是保证胶膜具有良好的膜厚均匀性的基本条件。

离心涂布时间对均匀性的影响随粘度的不同而不同,对于粘度为 28 厘泊的光刻胶,其影响如图 2 所示,若离心机转速为 6000rpm 涂布时间不能低于 6 秒,若转速为 3000rpm,则涂布时间不能低于 8 秒。否则将导致均匀性急剧变差。但是,涂布时间过长也会加速胶膜表面的硬

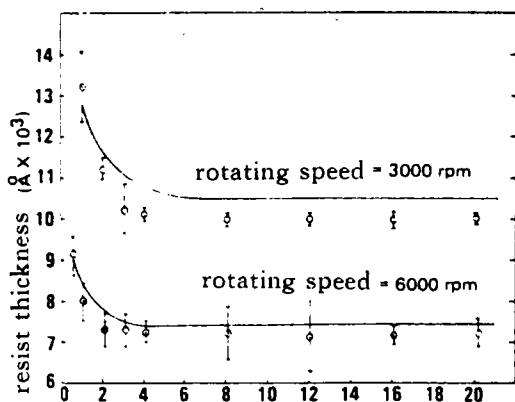


图 2 离心涂胶时间与胶膜均匀性对照

Fig. 2 Spin coating time versus resist uniformity while lowering uniformity.

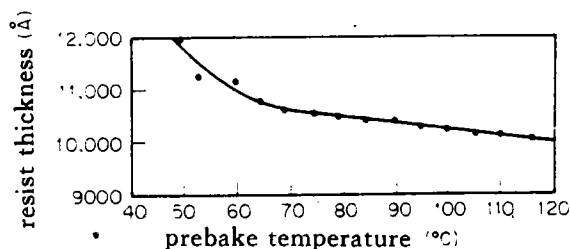


图 3 预烘温度与膜厚对照关系

Fig. 3 Prebake temperature versus resist thickness

离心机起动的加速度越大,胶膜的均匀性就越好。这就要求电机性能优越,能在几秒中内达到 6000rpm。一般要求先在 100rpm 至 600rpm 的低转速下滴入胶液,然后再以大于 1000 转

/秒<sup>2</sup> 的加速度升速使其均匀化。

光刻胶的粘度对膜厚均匀性的影响是显而易见的,当粘度越低时,胶薄厚度就越薄,膜厚均匀性就容易保持一致;当粘度越高时,膜厚度就越厚,均匀性就越难控制,所以应在保证要求的厚度的前提下尽量降低胶的粘度,而且最好能有相应的粘度控制手段,以保持胶液粘度的恒定。

预烘的主要目的是增强胶的附着力,预烘温度对膜厚均匀性的影响如图 3 所示(所用胶为 Microposit 公司的 1470 型光刻胶<sup>[2]</sup>),由图中可看出,当温度低于 75℃ 时,膜厚与温度呈非线性变化,而且变化幅度较大;当温度高于 75℃ 时,膜厚变化比较平稳;呈线性变化。

## 2.2 厚胶涂布

当厚度大于 3 $\mu\text{m}$  时通常称为厚胶涂布。

影响厚胶涂布的因素有:空气干燥、胶膜厚度、胶液的胶粘性、预烘温度等。

预烘前空气干燥和无空气干燥对胶膜厚度影响不同,如图 4 所示,对于 RC-42 型光刻胶,预烘前空气干燥 4 小时后胶膜厚度较无空气干燥时要稳定得多。

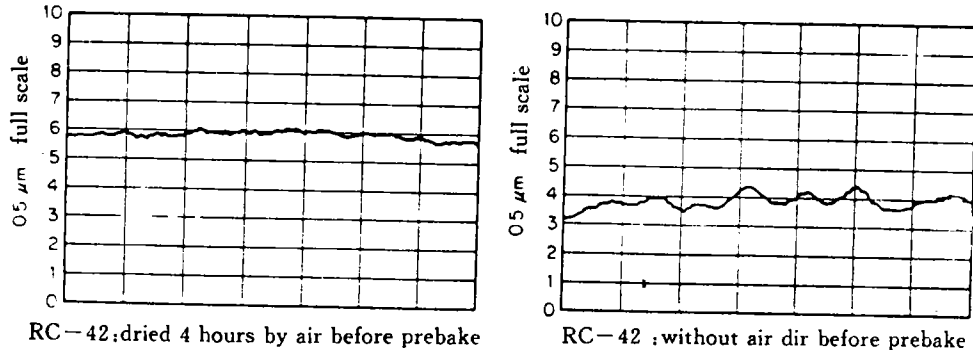


图 4 厚胶涂布表面轮廓

Fig. 4 Profile outline for thick resist coating

胶膜厚度对涂布后的质量影响也较大,例 RC-42 型光刻胶,当厚度小于 3 $\mu\text{m}$  时,很容易在胶膜表层形成“蛛网”,使刻制的线条无法使用;当厚度大于 3 $\mu\text{m}$  时就无此现象。若此时想得到低于 3 $\mu\text{m}$  的胶膜,须稍微降低胶的粘度。当然,此种情况主要针对用于厚胶涂布的光刻胶,如 Microposit 公司的 RC-42 和 1375 等胶,它们的涂布厚度有时超过 9 $\mu\text{m}$ 。

光刻胶的胶粘性对膜厚均匀性也有很大影响。当胶粘性较强时及易附着住分布在空气中的尘埃等杂质,造成胶层表面缺陷,如“针孔”、凸斑等。所以要在洁净度高的工作室内操作。

预烘温度对膜厚均匀性的影响与薄胶涂布时相同。

另外,当胶膜涂布完毕后不宜放置太久,应尽快进行曝光显影。例如 Rc-42 型正性光刻胶,当胶膜放置两周后,厚度由原来的 9~10 $\mu\text{m}$  缩至 6 $\mu\text{m}$ 。

## 3 保证膜厚均匀性的措施

上述分析的影响因素中,胶液粘度为最显著,实验表明,保持膜厚均匀性较好的粘度范围应在 130 厘~165 厘泊。粘度低于 110 厘泊时,将造成胶液流动性过大,易产生“针孔”,粘度大于 190 厘泊时,胶液缺乏应有的流动性,导致膜层表面凹凸不平。所以,应采取相应的粘度控制措施以保证膜厚的均匀性。

一种简便易行的方法是往原胶液中加入一定比例的稀释剂,利用粘度计随时监测稀释后的胶液粘度,使其达到使用要求的恒定值,此时即可进行涂布。所有上述操作都应在恒温恒湿的工作室中进行;否则将难以保证最终的涂布效果。如果用一台粘度控制仪,用导管将控制仪中的胶液直接

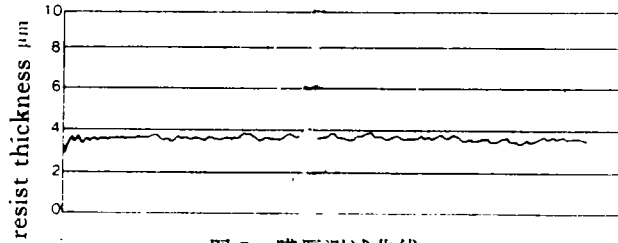


图 5 膜厚测试曲线

Fig. 5 Testing curve for resist thickness

引到涂胶机转盘上,这样可消除手工操作中的许多人为误差,使控制效果更准确、理想。涂布效果可从胶膜颜色上大体看出。一般情况下,以淡黄色较为理想,红色则太厚,蓝色又太薄。图 5 为采用上述方法涂布后的膜厚曲线,由图中可看出,膜厚变化幅度已很小,均匀性达 80% 以上。

## 4 总 结

通过以上讨论可看出,离心式涂胶膜厚均匀性的影响因素是多方面的,在实际应用中,经常是多种因素影响的综合效果。因此,实际涂布时往往很难做到面面俱到,只能先抓住主要矛盾(如粘度),在解决了主要影响因素的基础上再顾及其余,方能使整体均匀性达到要求的指标。实践证明,采用前述的粘度控制手段来提高膜厚均匀性是行之有效的。

## 参 考 文 献

- [1] William S. DeForest, Photoresist, Materials and Process. Published by McGRAW-HILL BOOK COMPANY, NY, 1974.
- [2] David J. Elliott, Microlithography. Published by McGRAW-HILL BOOK COMPANY, 1985
- [3] 马宏编,精密刻划工艺. 北京:兵器工业出版社,1994

## Analysis of Effect on Uniformity of Photoresist Layer in Spin Coating

Fu Yongqi, Zhao Jingli

(Changchun Institute of Optics & Fine Mechanics,  
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)

### Abstract

The different effect factors and controlling method is analysed and listed in this paper from the aspects of thin coating and thick coating, It has a certain reference meaning for actual lithographic technology.

**Key words:** Spin coating, Uniformity

**付永启** 男,生于 1967 年 5 月。1988 年毕业于吉林工业大学,获工学学士学位。1994 年 2 月毕业于长春光机学院,获工学硕士学位。现为中科院长春光学精密机械研究所博士研究生,机械制造专业,研究方向为精密光学刻划。目前正在从事动态目标盘曲面图形光学刻划的研究工作