

提拉法涂胶提升速度的确定

付永启 赵兴国

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春130022)

摘要 分析了提拉法涂胶中影响胶膜厚度的主要因素, 并据此确定出胶膜厚度; 用实验的手段拟合出胶膜厚度与提升速度间的曲线图及关系表达式, 依据该表达式确定出与选取的胶膜厚度对应的提升速度, 为实际操作提供了可靠的工艺参数。

关键词: 胶膜厚度; 提升速度; 提拉法涂胶

1 引言

圆鼓是动态目标发生器的核心部件, 该部件要求将3号鉴别率板图案通过光学刻划的手段将其刻制在直径320 mm 厚30 mm 的玻璃圆盘圆柱面(侧面)上, 共192个图案。由于被刻毛坯大且重, 用通常的离心式涂胶已无法完成涂胶工序, 故采用提拉法涂胶, 提拉法具有简易、快速、无需精密设备和非常熟练的操作者等优点。提拉法涂胶的提升速度直接决定了涂布胶膜的厚度, 而影响胶膜厚度的因素又很多。本文首先分析了影响胶膜厚度的主要因素, 并结合厂家推荐的膜厚给出了适合笔者现有工艺条件和设备的胶膜厚度, 然后根据实验测定的提升速度和膜厚数值拟合出膜厚提升速度曲线图及表达式, 按此表达式找出与选定的膜厚对应的提升速度, 实际刻划表明此速度对应的膜厚是符合最佳刻划要求的。

2 胶膜厚度确定

涂布的胶膜太薄, 易出现针孔, 但感光时间短, 分辨率高; 胶膜太厚, 则感光时间长, 显影时甚至无影像产生, 但膜厚出现的针孔等缺陷少, 易于控制。

正性光刻胶与针孔数的关系如图1所示, 由图中可见, 针孔数随膜厚的增加下降很快, 对于厚度1 μm 以上的胶膜针孔数已很少, 即可认为较理想。

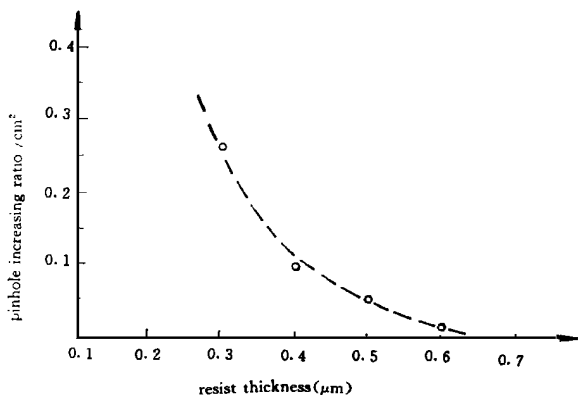


Fig 1 Relation between resist thickness and pinhole number
BP- 201(D) resis

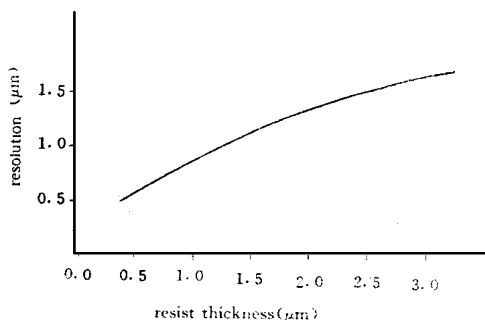


Fig 2 Resolution under different thickness

不同膜厚的分辨率关系如图2所示, 由于所刻的3号鉴别率板图案最大线密度为100 p1/mm, 即单线宽为5 μm, 即膜厚应在1.0~ 2.5 μm 区段选取就足以满足图形分辨率的要求。

光刻胶的粘度直接影响到胶膜厚度。当粘度太低时, 涂布的胶膜厚度太薄, 且固体物质沉淀, 影响涂布均匀性; 粘度太高则胶膜太厚, 导致无法使用。从厂家买来的光刻胶需经过加AZ稀释剂稀释后方能正常使用, 稀释胶液的百分比浓度与粘度并非正比关系, 见图3, 而是呈幂指数关系。当胶液浓度在85% 以上变化时, 粘度下降最快; 浓度低于40% 时粘度趋于稳定。所以, 胶液稀释浓度处于60% ~ 90% 之间即可, 然后再通过提升速度调整胶膜厚度。如果胶液略稀则提高提升速度使膜厚增加, 略浓则降低提升速度使膜厚降低。

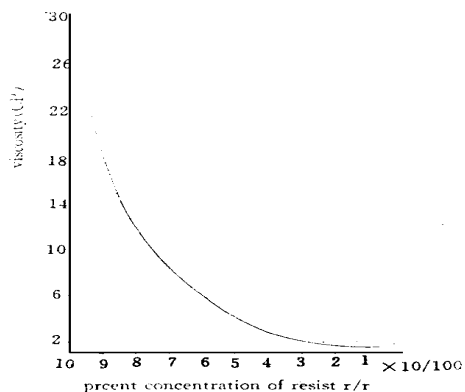


Fig 3 Curve of diluting

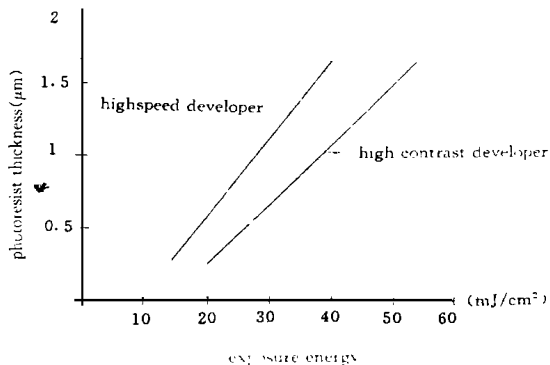


Fig 4 Relation between resist thickness and minimum exposure energy
using such MJB 3HP contacting apparatus for exposure and UV powermetre for intensity measuring
preroasting: 25 m in, 90
developing: 60 s 22

胶膜厚度还受光源提供的曝光能量的影响, 确保正常刻划要求的最少曝光能量与膜厚之间关系如图4所示, 由图中可知, 胶膜越厚所需的曝光能量就越大, 而且相互间呈线性关系。当曝光光源选定后其光强度在固定的成像面上即已成定值, 此时只有通过调整光栏改变曝光时间方可满足已定膜厚对曝光能量的要求, 即

$$d = kE = kIt \quad (1)$$

式中: d — 胶膜厚度, μm ;

k — 比例系数;

E — 曝光能量, mJ/cm^2 ;

I — 光强度, 可用功率计测得, mW ;

t — 曝光时间, s

当 d 、 I 为选定值时, 唯一可变量即为曝光时间 t 。

由于动态目标发生器圆鼓图形厚度要求比普通光栅尺线条略厚些, 故胶膜厚度也需相应厚些。结合产品说明书中推荐的胶膜厚度值, 选取厚度值为 $1.5 \mu\text{m}$ ($B_p-201(D)$ 型正性光刻胶)。此厚度以外观看呈金黄色。

3 提升速度确定

用国产 $B_p-201(D)$ 型正性光刻胶, 在笔者设计的吊胶装置中对胶膜厚度与提升速度的关系进行实测, 测得数据如下表。

Table 1 (Viscosity 17cp)

resist thickness $d(\mu\text{m})$	0	0.76	1.27	1.69	2.54	3.30	3.81	4.23	5.07	5.84	6.35
pulling speed $v(\text{mm}/\text{min})$	0	25.4	37.6	50.7	73.6	101.5	126.9	143.8	186.1	256.3	355.3

Table 2 (Viscosity 12cp)

resist thickness $d(\mu\text{m})$	0	0.76	1.27	1.69	2.54	3.30	3.81	4.23
pulling speed $v(\text{mm}/\text{min})$	0	45.7	67.5	88.8	126.9	190.3	253.8	380.7

根据上述实测数据, 用最小二乘法进行多项式回归结果如下:

$$d = -0.450 + 0.0502V - 0.0001V^2 \text{ (曲线 1)} \quad (2)$$

相关系数: 0.954

标准偏差 σ_x : 102.796

标准偏差 σ_y : 2.010

方差 σ_x^2 : 10567.1

方差 σ_y^2 : 4.0414

协方差 $\text{cov}(x, y)$: 196.525

$$d = -0.1246 + 0.0210V - 0.000025V^2 \text{ (曲线 2)} \tag{3}$$

相关系数: 0.954

标准偏差 σ_x : 102.796

标准偏差 σ_y : 2.017

方差 σ_x^2 : 10567.1

方差 σ_y^2 : 4.068

协方差 $\text{cov}(x, y)$: 195.994

由以上回归结果可知, 两回归曲线是可靠的。

拟合曲线如图5所示, 当粘度确定后, 膜厚与提升速度的关系也就唯一确定。在 I 区, 曲线近似线性变化, 提升速度较慢, 涂布均匀性在60%左右; 当涂胶厚度要求大时可在该区选取V值。在 II 区, 曲线变较平缓, 膜厚趋于稳定, 由于提升速度较快, 涂布均匀性也较 I 区好。

根据式(2)或式(3), 即可得出一定膜厚所需的提升速度。按此方法得出的提升速度实验证明是可行的。

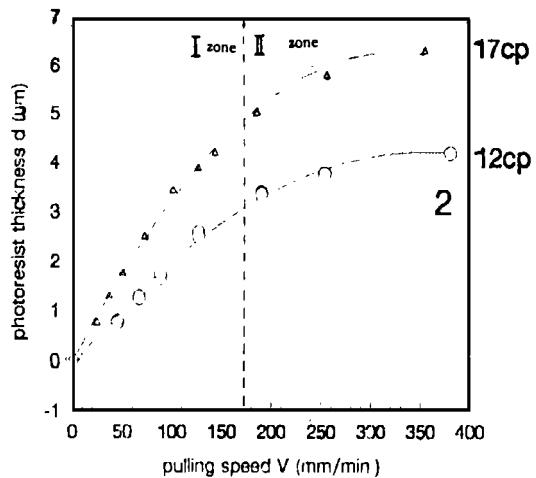


Fig. 5 Pulling speed versus resist thickness

4 总 结

本文从分析影响胶膜厚度的主要因素入手, 讨论了胶膜厚度的选择与确定, 通过实验测定和数据拟合得出了胶膜厚度与提升速度之间的变化关系, 从而为选取提拉法涂胶的重要工艺参数——提升速度提供了可靠依据。需要指出的是, 本文中的一些具体工艺参数值是在笔者现有的工艺条件及测试设备下得到的, 当条件不同时参数值也将随之改变, 还需根据具体条件实际测试后方可确定。本文旨在说明确定提升速度的方法, 该方法经实验证明切实可行的。另外, 利用该方法还可在很大程度上消除涂胶操作时人为因素影响, 从而摆脱了过去那种完全凭个人经验操作的局面。

参 考 文 献

- [1] William S. Deforest. Photoresist: Materials and Processes. Kingsport Press, 1975, 102~ 162
- [2] Daniel Malacara. Effects on Profile Depth of Changes in the Thickness of the Photoresist Layers Applied Optics, 1994, 33: (10): 2043~ 2047
- [3] Allen D.M. Photoforming. Intricate Articles in Thickened High Definition Photoresist. Precision Engineering, 1987, 9(2): 91~ 95
- [4] David Elliott. Microphotolithography. McGraw-Hill Book Company 1984, 59~ 100

Determination of Pulling Speed for Dip Coating

Fu Yongqi, Zhao Xingguo

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

Abstract

Main factors of influencing photoresist thickness for dip coating is analysed in this paper. The thickness of photoresist is determined by it. A relation between photoresist thickness and pulling speed is obtained by means of the experiment, and the pulling speed is selected according to the experimental curve. These reliable technological parameters is provided for actual operation.

Key words: Photoresist thickness, Pulling speed, Dip coating

付永启: 男, 1967年5月出生。1988年7月于吉林工业大学获工学学士学位, 1994年元月于长春光学精密机械学院精密机械系获工学硕士学位, 现为中国科学院长春光学精密机械研究所博士研究生, 研究方向为精密光学刻划, 目前正在从事“921”工程项目研究, 已撰写论文14篇。擅长于光电在线监测、机电一体化、精密刻划等领域。