

干胶膜在微图案制作中的应用研究

陶巍 杜江

(厦门大学机电工程系 福建 厦门 361005)

摘要: 采用干胶膜代替传统的光刻胶进行微图案的制备,并研究了工艺过程中的前烘时间、光刻时间、显影时间、显影液浓度等参数对微图案的影响。通过实验,研究发现当烘时间为 30 min、光刻时间为 80 s(光源为 350 W 汞灯)、显影时间为 90 s、显影浓度为 4%(显影液为 Na_2CO_3 溶液)时,可以成功制备出分辨率为 50 μm 的图案线宽。

关键词: 干胶膜; 微图案; 光刻

中图分类号: TN405.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-4801(2011)04-075-03

早在 1954 年杜邦公司推出了光致抗蚀干膜后,光致抗蚀干膜就被广泛地应用于印刷电路板的制造^[1]。除了应用于印刷电路板外,光致抗蚀干膜还应用于微机械电子系统、电镀模具、电极和微观结构的制作^[2]。在制作微器件的过程中,有时会不可避免的对含有孔洞或者台阶的基底进行光刻,但是采用传统的光刻胶在涂胶的过程中就会存在涂胶不均匀的问题从而导致光刻后图形线宽不均匀等缺陷。为了解决这类问题,本文采用光致抗蚀干膜来代替传统的光刻胶进行微图案的制作。

光致抗蚀干膜^[3]由聚酯薄膜、感光胶膜和聚乙烯薄膜三层组成,如图 1 所示。最上面一层为聚乙烯薄膜,用于保护感光胶膜,使未全部干燥的感光胶膜在卷缠时,不与聚酯膜背面粘搭。中间一层为感光胶膜层,这是干膜的关键成分,用以转移图像。最下面一层为聚酯薄膜,它是感光胶膜的载体。

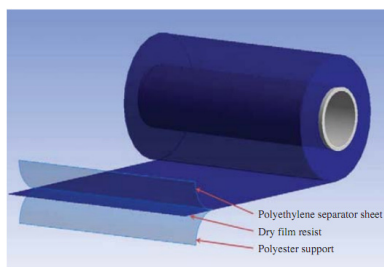


图 1 干胶膜的组成

光致抗蚀干膜具有如下优点^[4-5]: (1) 在任何基底上都有极好的粘附性; (2) 由于干膜没有溶剂,无需处理液体; (3) 覆盖在整个晶圆上的厚度均匀性良好; (4) 良好的一致性; (5) 操作简单; (6) 所需的曝光能量低; (7) 侧壁接近垂直; (8) 无边缘液滴的形成; (9) 成本低,工艺时间短。

1 干胶膜图案制备实验过程

实验采用日立光致抗蚀干膜,该干胶膜属于负胶,其厚度为 20 μm 。所采用的基底为 4 寸大小的硅片。实验过程主要分为以下几步:

1.1 硅片的清洗

实验中所用基底为带氧化层的硅片,故采用先 III 液再 II 液的清洗方法。首先是 III 液的配制,III 液按浓 H_2SO_4 : H_2O_2 =4:1 的比例进行配制,实验中用量筒量取 H_2O_2 180 mL,倒入石英杯中,接着量取浓 H_2SO_4 720 mL,使之沿石英杯的杯壁缓慢的流入 H_2O_2 中,然后开启电炉,将石英杯放在电炉上加热至 III 液沸腾。接着用热的去离子水将硅片冲洗至少 5 遍,然后用冷的去离子水将硅片冲洗至少 5 遍。接下来就是 II 液的配制,II 液按浓 HCl : H_2O_2 : H_2O =1:1:5 的比例进行配制,实验中用量筒量取 H_2O_2 200 mL,倒入石英杯中,接着量取浓 HCl 200 mL 倒入其中,接着量取 H_2O 1000 mL 倒入石英杯中,然后开启电炉,将石英杯放在电炉上加热至 II 液沸腾为止。接着用热的去离子水将硅片冲洗至少 5 遍,然后用冷的去离子水将硅片冲洗至少 5 遍。最后将硅片用氮气枪吹干。

1.2 烘干及活化

将清洗好的硅片放入烘箱中烘烤 2h,烘干硅片上残留的水分,烘箱的温度设定为 130 $^{\circ}\text{C}$ 。烘完后待硅片冷却将其放入 DQ-500 等离子去胶机中活化 15 min。DQ-500 等离子去胶机的工作原理是:利用等离子气体对光刻胶进行剥离及基片表面活化等工艺。待硅片活化好后应立即放在培养

作者简介: 陶巍(1986-),男,硕士,主要研究方向:静电纺丝、微加工工艺。

皿中，迅速带到光刻间进行贴膜工艺。

1.3 贴膜

将光致抗蚀干膜剪下与硅片尺寸大小相同的一部分，除去聚乙烯薄膜，将感光胶膜贴在硅片上，实验中采用手工贴膜，由于光致抗蚀干膜的粘度与温度存在着一定的曲线关系^[6]，如图2所示，感光胶膜的粘度随着温度的升高而降低，因此我们可以在室温条件下，将干膜贴在刚刚活化好的硅片上，这个过程中，用直尺轻轻向前推压可以尽量避免气泡的产生，待到完全贴好后，将硅片放在105℃的加热台上加热1 min待感光胶膜完全粘附在硅片上，然后用滚筒压膜2 min，这样不仅可以尽量减少气泡，而且还可以增强感光胶膜与硅片的粘附性。

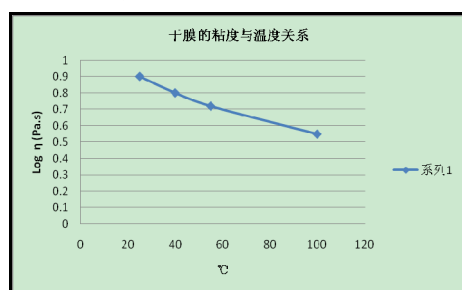


图2 干胶膜的粘度与温度曲线

1.4 光刻

待光致抗蚀干膜贴好后，首先需要将感光胶膜上的聚酯薄膜层除去，如果不把聚酯薄膜层除去，相当于把图案掩模板直接叠合在聚脂薄膜上，而光是透过此膜媒介才到达感光胶膜层的，其结果是，随着该膜的增厚，光刻所需的能量也随之升高，清晰度也随之降低。如果将图案掩模板直接附着在感光胶膜层上，清晰度将大大提高。此外，图案的边壁是垂直的，不产生裙缘，而且感光胶膜层表面不会粘附掩模板，因此将图案掩模板直接叠合上去也不致弄脏。光刻的时间取决于所用光刻机的类型以及所需图形的线宽。本实验采用进口的光刻机，其光源为350W的汞灯。

1.5 显影

因为曝光后聚合过程要继续15 min，所以光刻完成后需要将硅片静置15 min，使聚合反应充分，有利于图案的显影。由于本实验采用的光致抗蚀干膜为负胶，因此光刻时，被曝光部分的感光胶膜发生聚合反应形成不溶性的、有光泽、有韧性的膜，显影时不能被显掉；而未曝光部分的

感光胶膜则能溶于溶剂而被显掉。本实验采用4%的 Na_2CO_3 溶液为显影液，显影时用专用的夹具夹住硅片进行上下震荡，在这个过程中应尽量保持速度均匀，并且硅片与显影液液面持平，使得整个显影过程中显影液对硅片的冲击力尽量均匀。显影完后应快速将硅片放入去离子水中冲洗，以防止显影液继续腐蚀图案。显影时间的长短取决于光刻的好坏，好的光刻所需的显影时间是比较短暂的。而光刻时间过量会直接导致显影困难。

2 干胶膜图案制备实验结果讨论

2.1 前烘时间对图案线宽质量的影响

前烘时间对于图案线宽的质量有着重要的影响，在实验中改变不同的前烘时间来观察其对图案线宽的影响，如表1所示，发现当前烘时间小于30 min时，在显影的过程中，粘附力不够，容易脱膜；当前烘时间大于30 min时，显影后图案线宽比较粗糙，而且脱膜比较困难；而前烘时间为30 min时，显影时不易脱膜，显影后图案线宽清晰，无毛刺等现象出现。

表1 前烘时间对图案线宽质量的影响

前烘时间/min	10	20	30	40	50	60
线宽质量	差	中等	好	中等	差	差

2.2 光刻时间对图案线宽质量的影响

实验中主要是针对50 μm线宽图案进行光刻实验，其他量保持不变，仅仅改变光刻时间来观察光刻时间对图案线宽的影响。实验中光刻时间从40 s变化到90 s，实验完后观察线宽的质量如表2所示：当光刻时间为50~70 s时，由于曝光时间不足，导致干胶膜还没有完全变性，在显影过程中图案显影不出来；当光刻时间为80 s时，光刻时间适当，干胶膜中的光致抗蚀剂充分反应，所得到的线宽质量很好；当光刻时间大于90 s时，光刻时间过量，导致被遮光区也有少量的光线渗入，图案线宽失真以及显影困难。

表2 光刻时间对图案线宽质量的影响

光刻时间/s	50	60	70	80	90	100
线宽质量	差	差	中等	好	中等	差

2.3 显影时间对图案线宽质量的影响

选取适当的前烘时间与光刻时间后，用改变显影时间的长短来观察显影时间对图案线宽的影

响。实验中显影时间从 60 s 变化到 110 s，实验完后观察线宽的质量如表 3 所示：当显影时间小于 90 s 时，可以观察到显影的图案线宽没有显出来；当显影时间大于 90 s 时，显影时间过量，干膜容易产生褶皱以及图案线宽失真；而显影时间为 90 s 时，显影后图案线宽质量较好。

表 3 显影时间对图案线宽质量的影响

显影时间/s	60	70	80	90	100	110
线宽质量	差	差	中等	好	中等	差

2.4 显影液浓度对图案线宽质量的影响

选取适当的前烘时间以及光刻时间后，改变显影液的浓度来观察显影液浓度对图案线宽的影响。实验中显影液浓度从 1% 变化到 6%，实验完后观察线宽的质量如表 4 所示：当显影液浓度低于 4% 时，显影时间会明显变长，而且显影后图案线宽边缘溶胀，线条不清；当显影液浓度大于 4%

时，显影时间变短，但是显影后冲洗时间将变长，而且残余的溶液容易对图案进一步腐蚀，导致图案线宽质量变差。而当显影液浓度为 4% 时，显影时间适当，显影后图案线宽清晰，质量较好。

表 4 显影液浓度对图案线宽质量的影响

显影液浓度/(%)	1	2	3	4	5	6
线宽质量	差	差	中等	好	中等	差

3 结论

通过实验，研究发现当前烘时间为 30 min，光刻时间为 80 s（光源为 350W 汞灯），显影时间为 90 s，显影浓度为 4%（显影液为 Na_2CO_3 溶液）时，可成功制备出分辨率为 50 μm 的线宽。因此干胶膜可以代替传统的光刻胶进行微结构的制作，这为对含有孔洞或者台阶的基底进行光刻提供了方便，具有极其大的应用价值。

参考文献：

- [1] Klaus Maurischat. Dry film photoresists—a never ending success story [J]. Institute of Circuit Technology, 1998, 24(2): 34-37.
- [2] P. Vulto, N. Glade, L. Altomare, J. Bablet, L. Del Tin, G. Medoro, I. Chartier, N. Manaresi, M. Tartagni and R. Guerrieri. Dry film resist for fast fluidic prototyping[A]. 8th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences[C]. September 26-30, 2004, Malmo, Sweden.
- [3] A. Reiser. Photoreactive Polymers -- The Science and Technology of Resists, John Wiley, New York, 1989.
- [4] Dr. Karl Dietz, Dry film photoresist processing technology[J]. Electrochemical Publications, British Isles, January 2001.
- [5] P. Vulto, N. Glade etl. Microfluidic channel fabrication in dry film resist for production and prototyping of hybrid chips[J]. Lab on a chip, 2005(5): 158-162.
- [6] P. Walker. Journal of Appl, Photogr, Eng. [J]. 1978(1):33-37.