

射频 MEMS 开关中金属剥离工艺研究

陈光红¹, 吴清鑫¹, 于映², 罗仲梓³

(1. 苏州市职业大学 电子信息工程系, 江苏 苏州 215104; 2. 南京邮电大学 通讯与信息工程学院, 江苏 南京 210003;
3. 厦门大学 萨本栋微机电研究中心, 福建 厦门 361005)

摘要: 研究用 BP212 正性光刻胶(浸泡氯苯)、AZP4620 正性光刻胶(浸泡氯苯)、AZ5214E 反转光刻胶光刻后的图形剥离金属的难易度及图形质量. 用扫描电镜(SEM)观察不同光刻胶及浸泡氯苯后的侧壁图形, 并分析不同侧壁图形的形成机理, 找出最佳工艺参数, 并应用于射频 MEMS 开关制作中的金属剥离.

关键词: BP212; AZP4620; AZ5214E; 氯苯浸泡; 剥离

中图分类号: TN304 **文献标志码:** A **文章编号:** 1008-5475(2012)02-0010-04

Investigation for Metal Lift-off Process in RF MEMS Switch

CHEN Guang-hong¹, WU Qing-xin¹, YU Ying², LUO Zhong-zhi³

(1. Department of Electronic Information Engineering, Suzhou Vocational University, Suzhou 215104, China;
2. College of Telecommunications & Information Engineering, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China; 3. Pen-Dung Sah MEMS Research Center, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: The lift-off processes of BP212 positive photoresist (and chlorobenzene treatment) and AZP4620 positive photoresist (and chlorobenzene treatment) were studied. AZ5214E image-reversal photoresist was also studied. Side wall graphics were observed using scanning electron microscope (SEM). The forming mechanism of different lateral wall pattern was analysed. The optimum process parameters were found and used in metal lift-off in RF MEMS switches.

Key words: BP212; AZP4620; AZ5214E; chlorobenzene treatment; lift-off

射频 MEMS 开关的制作中要求电阻小、高频损耗小, 而 Au 的电阻率低、稳定性好, 所以电极、波导和触点都由金构成, 且波导需由 2 μm 的厚金构成, 为减小由于反射或折射造成的损耗, 要求波导缝隙边缘整齐陡直.

由于金需要用王水腐蚀, 腐蚀速度较难控制, 用常规的光刻、腐蚀方法很难形成满意的图形, 所以实验中选用剥离的方法制作金电极、波导和触点.

剥离工艺是在基片表面涂上一层光刻胶, 经过前烘、曝光、显影形成掩膜图形, 要求在不需要金属膜的区域覆有光刻胶^[1], 用镀膜的方法在其表面覆盖一层金属, 这样金属膜只在需要的区域与衬底相接触, 最后浸泡剥离液, 若允许可加少许超声将光刻胶除去, 随着光刻胶的溶解, 其上的金属也跟其一起脱落, 从而留

收稿日期: 2012-02-05; 修回日期: 2012-03-24

基金项目: 国家青年基金资助项目(60301006); 福建省自然科学基金资助项目(A0310012)

作者简介: 陈光红(1979—), 女, 江苏淮安人, 讲师, 工程师, 硕士, 主要从事 MEMS 技术与薄膜研究.

下了所需的金属图形.

剥离方法的关键是使光刻胶上的金属膜与掩膜断开区域上的金属膜断开, 这样易于剥离液渗透进去溶解光刻胶, 也就是光刻胶的侧壁图形要为“倒八字形”台面. 要达到这一点, 通常有以下几种方法: 氯苯浸泡法^[1-2]、图像反转法^[1, 3]、负性光刻胶法^[1]及多层掩膜剥离法^[1, 4].

本文研究用 BP212 正性光刻胶(浸泡氯苯)、AZP4620 正性光刻胶(浸泡氯苯)、AZ5214E 反转光刻胶光刻后的图形剥离金属的难易及图形的完整性. 用扫描电镜(SEM) 观察不同光刻胶及氯苯浸泡后的侧壁图形, 并分析不同侧壁图形的形成机理.

1 实验设计

实验中先在直径为 25 mm 的石英基片上光刻出图形, 然后溅射(或蒸发) 金属, 最后浸泡丙酮后加少许超声剥离出金属图形. 用北京化学试剂研究所生产的 BP212 正性光刻胶、中联安智正性光刻胶 AZP4620 与 AZ5214E 反转光刻胶. 实验样品分 7 组:

1) BP212 正性光刻胶, 胶膜厚 1.7 μm . 烘箱 90 $^{\circ}\text{C}$, 烘 15 min, 常规曝光后显影. 溅射 280 nm 金膜, 用丙酮浸泡剥离;

2) BP212 正性光刻胶, 胶膜厚 1.7 μm . 烘箱 90 $^{\circ}\text{C}$, 烘 15 min, 常规曝光后, 氯苯浸泡 6.5 min, 烘箱 90 $^{\circ}\text{C}$, 烘 30 min, 显影. 溅射 280 nm 金膜, 用丙酮浸泡剥离;

3) BP212 正性光刻胶, 胶膜厚 4.8 μm . 烘箱 90 $^{\circ}\text{C}$, 烘 22 min, 常规曝光后, 氯苯浸泡 12 min, 烘箱 90 $^{\circ}\text{C}$, 烘 30 min, 显影. 蒸发 2 μm 金膜, 用丙酮浸泡剥离;

4) AZP4620 正性光刻胶, 胶膜厚 5.3 μm . 烘箱 90 $^{\circ}\text{C}$, 烘 30 min, 常规曝光后显影. 蒸发 2 μm 金膜, 用丙酮浸泡剥离;

5) AZP4620 正性光刻胶, 胶膜厚 5.3 μm . 烘箱 90 $^{\circ}\text{C}$, 烘 30 min, 常规曝光后, 氯苯浸泡 12 min, 烘箱 90 $^{\circ}\text{C}$, 烘 30 min, 显影. 蒸发 2 μm 金膜, 用丙酮浸泡剥离;

6) AZ5214E 反转光刻胶, 胶膜厚 1.7 μm . 烘箱 90 $^{\circ}\text{C}$, 烘 10 min, 常规曝光后反转烘, 再泛曝光, 显影. 溅射 280 nm 金膜, 用丙酮浸泡剥离;

7) AZ5214E 反转光刻胶, 胶膜厚 3.3 μm . 烘箱 90 $^{\circ}\text{C}$, 烘 20 min, 常规曝光后反转烘, 再泛曝光, 显影. 蒸发 2 μm 金膜, 用丙酮浸泡剥离.

2 结果与讨论

表 1 为 7 组样品剥离射频 MEMS 开关中共平面波导图形的难易度及图形的质量. 可见能否成功剥离出合格的图形与光刻胶膜厚、金属厚度、是否浸泡氯苯有关.

表 1 三种光刻胶及其浸泡氯苯剥离图形的比较

光刻胶名称	胶膜厚度/ μm	金属厚度/ μm	是否浸泡氯苯	剥离难易度	图形质量
BP212	1.7	0.28	否	较难	较差
BP212	1.7	0.28	是	较易	较好
BP212	4.8	2.00	是	较难	较差
AZP4620	5.3	2.00	否	难	差
AZP4620	5.3	2.00	是	较难	较差
AZ5214E	1.7	0.28	否	易	好
AZ5214E	3.3	2.00	否	易	好

2.1 胶膜厚度的选择

采用正性光刻胶 BP212 时, 若不浸泡氯苯, 则金属图形很难剥离出来; 若浸泡氯苯, 则能剥离出较薄的金属, 但在剥离较厚的金属时很难得到满意的图形. 如图 1(a) 所示剥离出的波导带金丝, 金丝在后续的工艺中位置不固定可能会导致电极短路等; 如图 1(b) 所示剥离出的共平面波导中间缝隙不能完全剥离出来, 边

缘不整齐 这样会造成信号传输时有散射 插入损耗大.

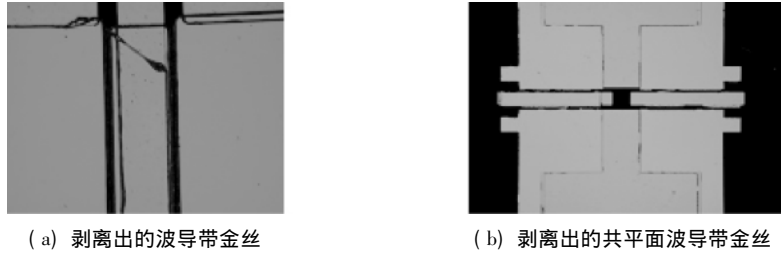


图 1 BP212 浸泡氯苯剥离 2 μm 金

采用正性光刻胶 AZP4620 时 若不浸泡氯苯 即使胶膜厚度与金属厚度的比例大于 2 也不能剥离出来; 若浸泡氯苯 可以将波导剥离出来 但需要浸泡丙酮的时间较长 且需要加上超声振动 剥离出的图片如图 2 所示. 另因 AZP4620 粘度较大 用常规匀胶速度就可以得到较厚胶膜 在显影时需要控制适当的显影时间 若显影时间不当 就会导致图形失真 图 3 为显影时间过长导致剥离出来的图形中间波导处弯曲.

采用 AZ5214E 反转光刻胶时 不需浸泡氯苯 用 3.3 μm 的胶膜厚就可以剥离出 2 μm 厚的金 且剥离容易 剥离出的波导图形边缘整齐 表面清洁 如图 4 所示.

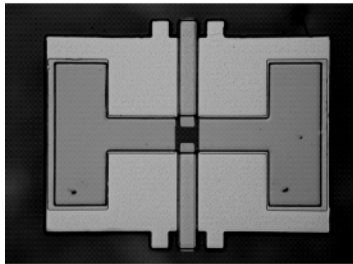


图 2 AZP4620 浸泡氯苯后剥离

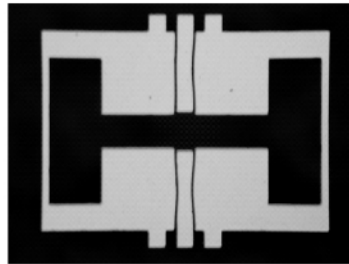


图 3 AZP4620 显影时间过长的剥离

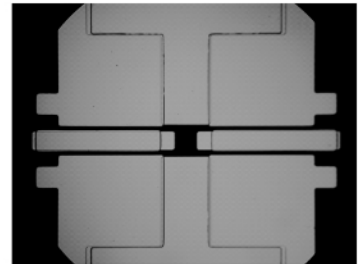


图 4 AZ5214E 剥离出 2 μm 金

2.2 光刻胶侧壁图形形成机理

图 5 为 BP212 浸泡氯苯后光刻胶的 SEM 图片 设计的波导缝隙处宽度为 8 μm 当胶膜厚度为 4.8 μm 时 显影出来的光刻胶顶部宽度为 8.36 μm 底部宽度为 12.4 μm. 如图 6 所示为 AZP4620 浸泡氯苯后光刻胶的 SEM 图片 可看出这两种正性光刻胶的侧壁仍为“正三角”.

浸泡氯苯的作用是使光刻胶表层发生变化 光刻胶表层比下层在显影液中溶解速度小 从而形成易剥离的光刻胶侧壁. 这是因为某些光刻胶在氯苯中易去除某些低分子量的物质 显影时光刻胶层浸泡氯苯时渗透部分很少溶解 而没有渗透到的部分仍保持着原先的溶解度^[1 5-6].

但是并不是所有的正性光刻胶经过浸泡氯苯后都会出现易于剥离的光刻胶侧壁图形 即“负胶檐”^[4]或“凸缘”^[1]或倒角悬垂^[5].

图 7 为 AZ5214E 反转光刻胶的侧壁图形 可看出其侧壁为“倒三角”台面 易于剥离. 这是因为当紫外线照射到光刻胶膜上时 从膜的表面到膜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 当掩膜曝光时 光刻胶表面产生的酸类物质较多 在反转烘时产生的难溶物质较多 从而在显影时形成了倒台面的光刻胶侧壁^[3].

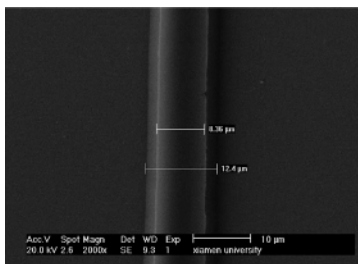


图 5 BP212 光刻胶侧壁的 SEM 图

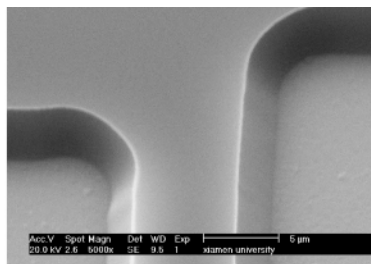


图 6 AZP4620 光刻胶侧壁的 SEM 图

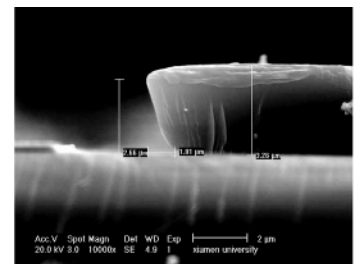


图 7 AZ5214E 光刻胶侧壁的 SEM 图

2.3 最佳工艺的选择

通过对三种光刻胶进行工艺实验,比较三种光刻胶剥离金属的难易度及剥离图形的好坏,如表 1 所示,由于用浸泡氯苯的方法对每步工艺的控制要求很苛刻,工艺冗余度小,且氯苯挥发性强、有毒,对人体有害。所以最终选择使用 AZ5214E 反转光刻胶,用来剥离射频 MEMS 开关的电极、波导和触点,得到的金属图形边缘整齐,无污点,图形失真度小,并得到最佳工艺参数如表 2 所示,以涂胶转速 2 000 r/min 为例,胶膜厚度约 1.7 ~ 1.8 μm ,测厚用台阶仪。

表 2 AZ5214E 最佳工艺参数

工艺名称	使用设备	工艺参数
活化	等离子体去胶机	通入氧气处理 8 min
涂增粘剂	旋转涂胶台	3 500 r/min, 20 s
涂胶	旋转涂胶台	2 000 r/min, 30 s
前烘	真空烘箱	92 ~ 100 $^{\circ}\text{C}$, 10 ~ 12 min
掩膜曝光	卡尔修斯曝光机	5.2 s
反转烘	真空烘箱	85 ~ 90 $^{\circ}\text{C}$, 10 min
泛曝光	卡尔修斯曝光机	5.5 s
显影		约 40 s

3 结论

使用 AZ5214E 光刻胶的反转工艺,光刻胶膜厚度与金属薄膜厚度的比值不需大于 2,就可以剥离出金属图形,且金属表面不会受到污染。光刻胶的分辨率高,热稳定性好,在烘烤、溅射金属等环境下,形变小,且容易剥离,利用此工艺成功剥离出射频 MEMS 开关中的电极、波导、触点等金属。此工艺还可用于剥离非金属材料如 $\text{SiO}_2^{[7]}$ 等。

参考文献:

- [1] 王文如, 杨正兵. 微细金属图形制作中的剥离技术[J]. 压电与声光, 2001, 23(1): 68-73.
- [2] 闫桂珍, 张大成, 李婷, 等. 一种新型的金属剥离技术研究[J]. 压电与声光, 2001(51): 312-314.
- [3] 陈光红, 于映, 罗仲梓, 等. AZ5214E 反转光刻胶的性能研究及其在剥离工艺中的应用[J]. 功能材料, 2005, 36(36): 431-433.
- [4] 林立, 韦书领, 杨春莉, 等. 正/负双层光刻胶厚膜剥离技术[J]. 激光与红外, 2006, 36(4): 282-284.
- [5] 闫桂珍, 张大成, 李婷, 等. 金属剥离与衬底腐蚀等平面自对准 OHR 技术研究[J]. 微纳电子技术, 2002(1): 40-43.
- [6] 邢素贤, 程足捷, 王中文, 等. 平面和金属剥离工艺在低电容高可靠晶体管生产中的应用[J]. 辽宁大学学报: 自然科学版, 1997, 24(2): 46-50.
- [7] 吕文龙, 罗仲梓, 何熙, 等. PECVD 淀积 SiO_2 的应用[J]. 功能材料与器件学报, 2008, 2(1): 33-37.

(责任编辑: 沈凤英)