

电子级乙烯基 MQ 硅树脂的制备及应用<sup>\*</sup>龚彦, 翟金国, 凌钦才<sup>\*\*</sup>

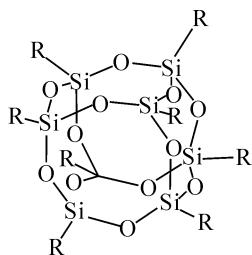
(上海化工研究院, 上海 200062)

**摘要:** 以正硅酸乙酯、四甲基二乙烯基二硅氧烷和六甲基二硅氧烷为原料, 盐酸为催化剂制备了乙烯基 MQ 硅树脂, 经水洗去除氯离子。以此为原料与乙烯基硅油、含氢硅油、白炭黑经复配制备加成型电子硅橡胶。结果表明, 制备出的 MQ 硅树脂经过 5 次水洗后,  $\text{Cl}^-$  含量  $< 0.5 \text{ mg/L}$ ; 所得硅橡胶的初始硫化温度为  $73.4^\circ\text{C}$ ,  $118.3^\circ\text{C}$  固化完全。硫化后硅橡胶电阻率  $> 1.0 \times 10^{16} \Omega \cdot \text{cm}$ , 电气强度为  $20 \text{ kV/mm}$ , 介电常数为 3.02, 介质损耗因数为  $7.17 \times 10^{-4}$ ; 硅橡胶应用于电子芯片封装, 其合格率为 98%。

**关键词:** MQ 硅树脂,  $\text{Cl}^-$  含量, 硅橡胶, 绝缘性能

中图分类号: TQ264.1<sup>+</sup>7 文献标识码: A doi: 10.11941/j.issn.1009-4369.2016.03.002

MQ 硅树脂是结构较特殊的由单官能链节 ( $\text{R}_3\text{SiO}_{1/2}$ , 即 M) 和四官能链节 ( $\text{SiO}_{4/2}$ , 即 Q) 组成的有机/无机杂化聚有机硅氧烷, 结构如式 1 所示<sup>[1-3]</sup>。一般认为, MQ 树脂为双层三维结构紧密球状体, 球心部分为以  $\text{Si}-\text{O}$  链连接、密度较高、聚合度为 15~50 的笼状  $\text{SiO}_2$ ; 球壳一部分被密度较小的  $\text{R}_3\text{SiO}_{1/2}$  层所包围<sup>[4]</sup>。MQ 硅树脂因其独特的结构特征而具有优异的耐高低温性、力学性能、耐化学品性能及优异的电绝缘性、耐候性等, 主要用作硅氧烷压敏胶的填料、增粘剂及加成型液体硅橡胶的补强填料<sup>[5-7]</sup>。与常用的白炭黑相比, MQ 硅树脂用作补强剂时可得到高透明度的产品, 且胶料的黏度升高不明显, 而硅橡胶的强度显著提高<sup>[8]</sup>。



(1)

硅橡胶可分为缩合型和加成型, 其中的加成型电子硅橡胶常采用乙烯基 MQ 树脂进行补强。而乙烯基 MQ 树脂根据所用原料, 其制法可分为水玻璃法和硅酸酯法。其中硅酸酯法制备乙烯基 MQ 树脂时, 常用正硅酸乙酯为原料, 以盐酸作催化剂经缩聚反应制得产物, 所得乙烯基 MQ 树脂含微量氯离子<sup>[4]</sup>。以含氯离子的 MQ 树脂为原料制备的电子封装硅橡胶中的氯离子在电场作用

下会通过绝缘层向另一极迁移形成离子迁移, 而导致绝缘性能下降, 进而影响电子芯片的可靠性<sup>[9]</sup>。

本实验以正硅酸乙酯、四甲基二乙烯基二硅氧烷、六甲基二硅氧烷、盐酸、乙醇等为原料, 制备乙烯基 MQ 硅树脂, 经水洗去除氯离子, 以此为原料复配加成型硅橡胶并应用于电子芯片的封装。

## 1 实验

## 1.1 主要原料及设备

正硅酸乙酯-28: CP, 广州市中杰化工科技有限公司; 四甲基二乙烯基二硅氧烷: CP, 上海硅友新材料科技有限公司; 六甲基二硅氧烷: CP, 上海硅友新材料科技有限公司; 端乙烯基硅油  $[\text{ViMe}_2\text{SiO}(\text{Me}_2\text{SiO})_n\text{SiMe}_2\text{Vi}]$ : 乙烯基质量分数 0.35%, 黏度  $1000 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ , 自制<sup>[4]</sup>; 含氢硅油  $[\text{Me}_3\text{SiO}(\text{MeHSiO})_n\text{SiMe}_3]$ : 活性氢质量分数为 1.50%, 黏度  $100 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ , 自制<sup>[4]</sup>; 铂(0)-1,3-二乙烯基-1,1,3,3-四甲基二硅氧烷配合物催化剂: 铂的质量分数 0.5%, 自制<sup>[4]</sup>; 气相法白炭黑: VK-SP30, 粒径  $30 \text{ nm}$ ,

收稿日期: 2016-03-01。

作者简介: 龚彦 (1980—), 女, 工程师, 主要从事有机硅高分子材料的研究。

\* 基金项目: 上海张江国家自主创新示范区专项发展资金 2015 年度第一批重点项目 (201501-PT-C104-013)。

\*\* 联系人, E-mail: lingqc660429@163.com。

杭州万景新材料有限公司; 2-乙烯基异戊醇: AR, 上海瑞一医药科技有限公司; 盐酸: AR, 珠海市华成达化工有限公司, 甲苯: AR, 天津市科密欧化学试剂有限公司; 乙醇: AR, 天津市科密欧化学试剂有限公司。

数字高阻计: PC - 68, 上海精密科学仪器有限公司; 介电常数和介质损耗因数测定仪: 配 QS37 电桥、RY2 绝缘电极、BR34 标准电容、FY64a 电源、RY2 - 2 温控器, 上海迪一电器有限公司; 耐压强度测试仪: FYJK - 50, 上海迪一电器有限公司; 离子色谱仪: CIC - 200, 青岛盛瀚色谱技术有限公司; 差示扫描量热仪: NETZSCH 200F3, 德国耐驰仪器制造有限公司; 红外光谱仪: Nicolet 6700, 美国 Thermo Fisher Scientific 公司; 核磁共振仪: AVANCE Digital 400 MHz, 德国 BRUKER 公司; 二极管多路反向漏电测试仪: DTR - 901, 上海天科智能化设备

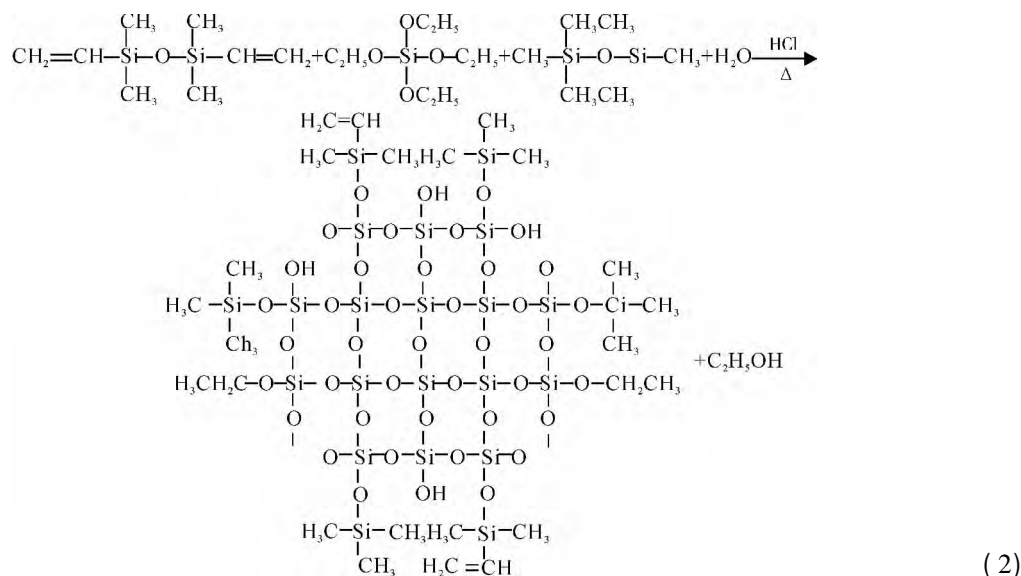
有限公司。

### 1.2 乙烯基 MQ 硅树脂的合成、水洗及乙烯基质量分数测定

### 1.2.1 乙烯基 MO 硅树脂的合成

在 500 mL 的三口烧瓶中分别加入 62.8 g 六甲基二硅氧烷、10.0 g 乙醇, 5.0 mL 盐酸、120.0 g 水和不同量的四甲基二乙烯基二硅氧烷, 装配好搅拌器和冷凝回流装置, 在水浴锅中加热至 55℃, 搅拌反应, 用恒压滴液漏斗滴加 180.0 g 正硅酸乙酯, 滴加时间约 0.5 h, 并以 200 r/min 的转速搅拌。滴完升温至 70℃ 反应 3 h。将反应后混合液冷却至室温去除水相。得到 M/Q 值 1.3, 乙烯基质量分数分别约为 5.0%、7.5%、10.0%、12.5% 和 15.0% 的乙烯基 MQ 硅树脂, 分别用 MQ-01、02、03、04 和 05 表示。

乙烯基 MQ 硅树脂反应合成原理如式 2 所示。



### 1.2.2 乙烯基 MO 硅树脂的水洗

乙烯基 MQ 硅树脂合成反应结束后, 将反应体系转置于 500 mL 分液漏斗中, 加入 100 mL 甲苯萃取分离有机相, 静置分液去除水相; 加入 100 mL 去离子水, 手握分液漏斗两端上下摇晃, 摇动频率为 20 次/min, 振幅约 10 cm。水洗有机相后静置分离去除水相; 重复步骤 2, 合计水洗有机相 11 次; 减压蒸馏抽除甲苯和低沸物, 得到无色透明液态乙烯基 MQ 硅树脂。

### 1.2.3 乙烯基质量分数的测定

芯片封装电子硅橡胶需控制体系中 Si—H 与

Si—CH=CH<sub>2</sub>的量之比，因此需测定乙烯基 MQ 树脂中乙烯基的质量分数。本实验采用碘量法测定。

用分析天平准确称取 0.1 g 乙烯基 MQ 硅树脂置于碘量瓶中; 加入 20 mL 四氯化碳, 摇匀, 使 MQ 树脂充分溶解; 用移液管量取 10.00 mL 溴化碘溶液加入碘量瓶中。摇匀, 于暗处静放 1 h; 加入 5 mL KI 溶液, 摇动 3 min, 再用 40 mL 蒸馏水把玻璃塞和瓶颈上的液体冲洗入瓶内; 用 0.1 mol/L 硫代硫酸钠标准溶液滴定。滴定时剧烈震动, 使四氯化碳中的碘单质全部进入水溶液

内, 用 10 mL 蒸馏水把玻璃塞和瓶颈上的液体冲洗入瓶内; 滴定至浅黄色, 加入 1% 淀粉溶液 2 mL, 继续滴定至蓝色消失为止, 即达滴定终点; 同时进行空白试验, 除不加乙烯基 MQ 硅树脂式样外, 其余操作同上; 做 3 组平行实验。MQ 硅树脂中乙烯基质量分数根据式 3 算得。

$$\text{乙烯基质量分数} = \frac{0.0005 \times 27 \times C_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} (V_{\text{空白}} - V_{\text{样品}})}{m_{\text{样品}}} \times 100\% \quad (3)$$

式中,  $C_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$  为  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  的浓度, mol/L;  $V_{\text{空白}}$  为测定时空白所用标准溶液的体积, mL;  $V_{\text{样品}}$  为测定时样品所用标准溶液的体积, mL;  $m_{\text{样品}}$  为样品的质量, g。

### 1.3 电子封装硅橡胶样品的制备

电子封装硅橡胶制备: 称取 100.00 g 端乙烯基硅油于 250 mL 不锈钢夹套中, 加入含氢硅油和乙烯基 MQ 硅树脂及填料, 通冷却水, 以 2 500 r/min 的转速高速搅拌 1 h; 加入 0.20 g 2-乙烯基异戊醇, 以 2 500 r/min 的转速高速分散 1 h; 最后加入 0.10 g 铂催化剂, 以 1 500 r/min 搅拌分散 2 h。出料, 于 5℃ 密封保存。

试样制备: 将加成型硅橡胶加入聚四氟乙烯模具并排泡 1 h, 经 100℃ × 1 h、120℃ × 1 h 和 210℃ × 3 h 硫化完全, 制得直径 100.0 mm、厚度 2.0 mm 和直径 30 mm、厚度 3.0 mm 的样板。

### 1.4 测试与表征

氯离子含量: 按 GB/T 23978—2009 测定; 硫化情况: 按 GB/T 13477.5—2002, 采用其中 B 法测定; 介电常数和介质损耗因数: 按 GB/T 1693—2007 测定; 电阻率: 按 GB/T 1692—2008 测定; 耐压电气强度: 按 GB/T 1695—2005 测定。

电子封装硅橡胶芯片应用试验: 在多孔板一面贴上聚酯胶带, 将芯片排列于孔内, 用电子封装硅橡胶进行刮涂; 刮涂好的多孔板置于烘箱内, 分别经 80℃ × 1 h、100℃ × 1 h、120℃ × 1 h 处理, 其中抽真空 6 次, 每次 5 min; 然后撕去聚酯胶带, 再经 120℃ × 1 h、140℃ × 1 h、160~190℃ × 20 h。最后得到涂覆好的芯片。每个样品涂覆 100 个。上述操作在苏州某电子公司进行。将涂覆好的芯片硫化后放在 270℃ 烘箱中 30 min, 取出, 冷至室温, 装入样品袋中, 待

用。每个样品处理 50 个。将 270℃ 处理过的芯片放置在 125℃ 烘箱中, 在线测试高温反向漏电流, 测试时间为 24 h, 如高温反向漏电流  $\geq 50 \mu\text{A}$ , 则不合格。每个样品测试 50 个, 并计算合格率。

## 2 结果与讨论

### 2.1 乙烯基 MQ 硅树脂的结构表征

#### 2.1.1 乙烯基 MQ 硅树脂的红外表征

图 1 为乙烯基 MQ 硅树脂的红外光谱图。

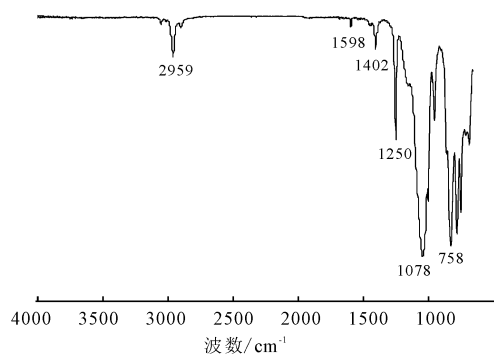


图 1 乙烯基 MQ 硅树脂红外光谱图

由图 1 可知, 1 078  $\text{cm}^{-1}$  处强而宽的吸收带为 Si—O—Si 的反对称伸缩振动吸收峰, 是有机硅树脂的特征吸收峰; 1 598  $\text{cm}^{-1}$  处为  $-\text{CH}=\text{CH}_2$  的伸缩振动吸收峰; 1 250  $\text{cm}^{-1}$  处为  $\text{CH}_3-\text{Si}-\text{O}$  的吸收峰; 2 959  $\text{cm}^{-1}$  处为  $-\text{CH}_3$  的伸缩振动吸收峰; 3 400  $\text{cm}^{-1}$  处为 Si—OH 的游离伸缩振动吸收带。

#### 2.1.2 乙烯基 MQ 硅树脂的 $^1\text{H}$ NMR 表征

图 2 是产物的  $^1\text{H}$  NMR 谱图, 以四甲基硅烷为内标、 $\text{CDCl}_3$  为溶剂测定。

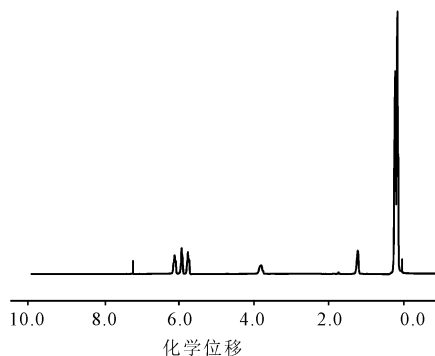


图 2 乙烯基 MQ-03 硅树脂的  $^1\text{H}$  NMR 谱图

由图 2 可知, 化学位移  $\delta = 6.00$  附近的 3 个

峰为  $-\text{CH}=\text{CH}_2$  上 3 个 H 的化学位移,  $\delta$  在 0 ~ 0.30 为  $-\text{CH}_3$  中 H 的化学位移,  $\delta = 1.22$  和 3.85 为 MQ 硅树脂中残留的  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O}-$  中 H 原子的化学位移,  $\delta = 1.85$  小峰为  $\text{Si}-\text{OH}$  中 H 的化学位移。结合 FT IR 结果可确定所得产物为含乙烯基的 MQ 硅树脂<sup>[10]</sup>。

## 2.2 水洗次数对 MQ 硅树脂中氯离子含量的影响

根据动态平衡原理, 通过监测体系中水相的氯离子含量反推 MQ 硅树脂中的氯离子含量情况。分别取少量乙烯基 MQ 硅树脂合成反应体系中水相及水洗乙烯基 MQ 硅体系中的水相进行离子色谱检测, 测定各个样品中氯离子含量, 结果见表 1。

由表 1 可知, 未经洗涤的水相中氯离子含量高达  $8.702 \times 10^3 \text{ mg/L}$ , 洗涤 3 次后迅速降为 1.576 mg/L, 再增加洗涤次数, 其含量降低速度变慢, 洗涤 4 次即降为 0.8098 mg/L, 达到电子级 IV 级标准<sup>[11]</sup>, 洗涤 5 次降为 0.3969 mg/L, 已低于 0.5 mg/L。由此可反推此时乙烯基 MQ 树脂中氯离子含量低于 0.5 mg/L。若再增加洗涤次数, 水相中氯离子含量几乎不发生变化。因此

制备乙烯基 MQ 树脂时采用 5 次洗涤。此外, 水洗 9 次的数值比水洗 8 次稍大, 水洗 11 次比水洗 10 次的结果稍大。但整体来看, 水洗 8 次后变化不大。这可能是仪器分析误差所致。

## 2.3 乙烯基 MQ 树脂乙烯基质量分数测试

采用碘量法测定所制备的 5 个乙烯基 MQ 树脂的乙烯基质量分数, 结果见表 2。

表 1 洗涤次数对氯离子含量的影响

洗涤次数	氯离子含量 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
0	8702
1	179.5
2	10.21
3	1.576
4	0.8098
5	0.3969
6	0.3826
7	0.3629
8	0.3524
9	0.4218
10	0.3235
11	0.3875

表 2 乙烯基 MQ 树脂中乙烯基质量分数

样品	设计值 / %	乙烯基质量分数测定值 / %			平均值 / %	相对误差 / %		
		1	2	3		1	2	3
MQ-01	15.0	16.27	15.95	15.87	16.03	1.50	0.50	1.01
MQ-02	12.5	13.25	13.60	13.20	13.35	0.75	1.87	1.12
MQ-03	10.0	11.40	11.09	11.10	11.2	1.79	0.98	0.89
MQ-04	7.5	8.92	8.61	8.75	8.76	1.83	1.71	0.11
MQ-05	5.0	5.53	5.75	5.55	5.61	1.43	2.49	1.07

由表 2 可知, 乙烯基 MQ 树脂中乙烯基质量分数的测定值比设计值要稍高。原因可能是在合成乙烯基 MQ 硅树脂时, 六甲基二硅氧烷未反应完全, 在蒸馏时以低沸物形式被除去。由表 2 还可知, 3 次平行测定相对误差最高的为 2.49%。该方法测定原理为氧化还原滴定, 相对于中和滴定误差要稍大。原因可能是称取的样品量 0.1 g 相对较少, 另外滴定环境如温度等对氧化还原反应产生影响, 影响测试结果。此外, 本实验的测试方法为间接碘量法, 指示剂在近滴定终点前加

入, 若加入过早可吸附碘单质造成终点拖后; 而滴定终点是由蓝色消失变为黄色, 变色也不是太敏感。

## 2.4 乙烯基硅树脂种类对硅橡胶硫化情况的影响

固定硅橡胶体系中乙烯基质量分数为 1%, 控制  $\text{Si}-\text{H}$  与  $\text{Si}-\text{CH}=\text{CH}_2$  的量之比为 1.75<sup>[12]</sup>。采用不同种类的乙烯基 MQ 硅树脂, 制备加成型硅橡胶样品, 分别用 GJ-01、02、03、04、05 表示, 然后经  $110^\circ\text{C} \times 1 \text{ h}$  加热处理, 考察硫化情况, 结果见表 3。

表 3 乙烯基 MQ 树脂种类对硅橡胶硫化情况的影响<sup>1)</sup>

样品号	乙烯基 质量分数/%	手指接 触情况	110℃ ×1 h 硫化
GJ-01	16.03	粘手	未硫化
GJ-02	13.35	粘手	未硫化
GJ-03	12.10	有压痕	硫化不完全
GJ-04	8.76	无压痕	硫化
GJ-05	5.61	无压痕	硫化

注: 1) GJ-01 采用, GJ-02 采用, GJ-03 采用, GJ-04 采用, GJ-05 采用。

由表 3 可知, 经 110℃ × 1 h 处理, GJ-01、02 样品未硫化, GJ-03 样品硫化不完全, GJ-04、05 样品能硫化。因此, 在同样条件下, 所用 MQ 树脂乙烯基质量分数越高, 硫化越困难。这可能是因为 MQ 树脂乙烯基质量分数越高, 所提供的硫化骨架数量越少, 硫化速度越慢。

为进一步测试硫化温度, 选取样品 GJ-03 进行 DSC 测试, 采用 5℃/min 的升温速率研究其硫化行为, 结果见图 3。

由图 3 可知, 样品 GJ-03 的 DSC 曲线在 100℃ 附近有一个放热峰, 样品于 73.4℃ 开始硫化, 118.3℃ 硫化完全。

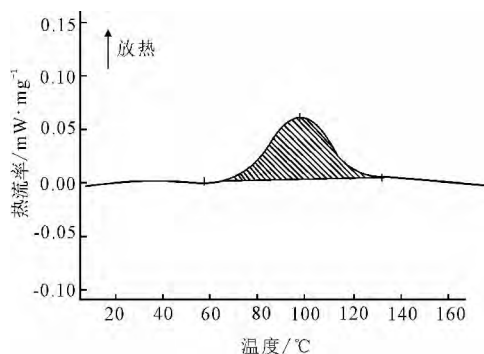


图 3 GJ-03 的 DSC 曲线

## 2.5 氯离子含量对硅橡胶性能的影响

为测试氯离子含量对封装胶性能的影响, 以硅树脂 MQ-04 (洗涤 5 次) 制成电子硅橡胶样品 GJ-04, 同时采用硅树脂 MQ-04 洗涤 2、4 次配制样品 GJ-06、07, 与国外品牌硅橡胶作对比试验, 结果见表 4。

表 4 氯离子含量对硅橡胶性能的影响

测试项目	GJ-04	GJ-06	GJ-07	市售国外品牌胶
洗涤次数	5	2	4	—
氯离子含量 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0.3969	10.21	0.8098	—
110℃ × 1 h 硫化情况	硫化	硫化	硫化	硫化
电阻率 / $\Omega \cdot \text{cm}$	$> 1.0 \times 10^{16}$	$7.26 \times 10^{14}$	$1.26 \times 10^{14}$	$> 1.0 \times 10^{16}$
电气强度 / $\text{kV} \cdot \text{mm}^{-1}$	20.4	10.5	15.8	20.2
介电常数	3.02	3.16	2.99	2.96
介质损耗因数	$7.17 \times 10^{-4}$	$7.64 \times 10^{-4}$	$6.58 \times 10^{-4}$	$7.92 \times 10^{-4}$
应用实验合格率/%	98	22	82	96

由表 4 可知, 硅橡胶体系中的氯离子含量不影响硅橡胶的硫化, 且对硫化后硅橡胶的介电常数和介质损耗因数几乎不产生影响, 但对电阻率和电气强度有显著影响。随着洗涤次数的增加, MQ 树脂中氯离子含量降低, 所制备的电子硅橡胶的电阻率和电气强度相应降低, 应用实验合格率也显著降低。

## 3 结论

以正硅酸乙酯、四甲基二乙烯基二硅氧烷、六甲基二硅氧烷等为原料, 合成了乙烯基 MQ 硅

树脂, 并通过 FT-IR、<sup>1</sup>H NMR 证实了其结构。产物经 5 次水洗后氯离子含量低于  $0.5 \times 10 \text{ mg/L}$ 。其与含氢硅油复配制备的电子硅橡胶, 电阻率大于  $1.0 \times 10^{16} \Omega \cdot \text{cm}$ , 电气强度 20.4 kV/mm, 介电常数 3.02, 介质损耗因数  $7.17 \times 10^{-4}$ ; 应用于电子芯片封装时, 合格率为 98%, 性能与进口电子硅橡胶相近。

## 参考文献

- [1] 李茹, 张保坦, 陈修宁, 等. MQ 硅树脂合成及应用研究进展[J]. 有机硅材料 2010 24(2): 107-112.

- [2] 向洪平, 葛建芳. MQ 硅树脂的制备与应用研究进展[J]. 热固性树脂, 2010, 25(6): 48-52.
- [3] 李茹. LED 封装用 MQ 硅树脂的设计合成及性能[D]. 成都: 中国科学院成都有机化学研究所, 2012.
- [4] 来国桥, 幸松民. 有机硅产品合成工艺及应用(第二版) [M]. 北京: 化学工业出版社, 2009: 647-675.
- [5] FUKUSHIMA M, AOKI S. Electroconductive silicone pressure-sensitive adhesive composition: US, 6991751 [P]. 2003-09-02.
- [6] SHERMAN A A, HANSEN R G, WINKLER W J, et al. Adhesive compositions: US, 7371464 [P]. 2005-12-23.
- [7] 何敏, 张秋禹, 国际英, 等. MQ 硅树脂的合成及其在有机硅压敏胶中的应用[J]. 固体火箭技术, 2008, 31(3): 288-290, 298.
- [8] 崔贵银, 明大增, 李志祥, 等. 水玻璃法制备 MQ 硅树脂的研究及应用进展[J]. 化学工程师, 2013, 10: 37-41.
- [9] 刘仁志. 离子迁移对印刷线路板绝缘性能的影响[J]. 电镀与精饰, 2001, 6(23): 8-10.
- [10] 梁银杏, 郭鹏, 任碧野, 等. MQ 硅树脂制备工艺对 RTV 硅橡胶补强效果的影响[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2013, 41(2): 123-128.
- [11] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 11446.1-2013 中国标准书号[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [12] 翟金国, 凌钦才, 谢国庆, 等. 电子封装用加成型硅橡胶的研制[J]. 有机硅材料, 2015, 29(6): 437-443. 2015-11-25.

## Preparation and Application of Electronic Vinyl MQ Silicone Resin

GONG Yan, ZHAI Jin-guo, LING Qin-cai

(Shanghai Research Institute of Chemical Industry, Shanghai 200062)

**Abstract:** The vinyl MQ silicone resin was synthesized by tetraethoxysilane, divinyl tetramethyl disiloxane and hexamethyldisiloxane as the raw materials, and hydrochloric acid as the catalysts. The prepared vinyl MQ silicone was water-washed in order to remove the chloride ion. The addition-type electronic silicone rubber for the semiconductor industry was prepared by vinyl MQ silicone, vinyl silicone oil, hydrogen-containing silicone oil and fumed silica. Results show that  $\text{Cl}^-$  is less than 0.5 mg/L after 5 washing cycles. The electronic silicone rubber cures at 73.4 °C, and completely cures at 118.3 °C. The resistivity of the cured silicone rubber is more than  $1.0 \times 10^{16} \Omega \cdot \text{cm}$ , and the breakdown strength, dielectric constant, loss factor are 20.4 kV/mm, 3.02, and  $7.17 \times 10^{-4}$ , respectively. The qualification rate of the electronic chips encapsulated with the preparing silicone rubber is 98%.

**Keywords:** MQ silicone, chloride ion, silicone rubber, insulating property

### 行业动态

聚硅氧烷法规评价研讨会在京召开

5月11日, 中国氟硅协会(CAFSI)暨全球有机硅理事会(GSC)聚硅氧烷法规评价研讨会在北京召开。GSC成员单位蓝星有机硅、道康宁、迈图、瓦克、信越等行业代表十余人参加了会议, CAFSI秘书长张建军、副理事长杨晓勇、

副秘书长梅胜放等以及会员单位二十余名专家、代表参会。会议邀请了环保部外经办履约办、工信部原材料司、石化联国际部、北京大学、中科院生态环境研究中心、大连海事大学等政府官员、教授、专家代表到会。会上有聚硅氧烷的环境调查监测、PBT特性检测和评价、评价方法探讨、环境风险评估、全球有关法规等多篇报告发表。