

# 聚硅烷(紫外光敏材料)的 氧等离子体处理特性\*

谢茂浓

(四川联合大学物理系 成都 610064)

傅鹤鉴

(四川联合大学化学系 成都 610064)

**摘要** 红外吸收谱分析表明,聚硅烷(Poly methyl Phenethyl Silane, PM PES)在氧等离子体处理后转变成  $PSiO_x$  膜,  $PSiO_x$  中的  $x$  在1.5~ 2之间,其高频  $C-v$  特性曲线的平带电压为正,大小与氧等离子体处理条件和 PM PES 厚度有关

**PACC:** 6140, 7390, 8250E

## 1 引言

我们已合成可用作光致蚀刻剂的聚硅烷(Poly methyl Phenethyl Silane, PM PES). 在308nm 波长准分子激光辐照下, PM PES 膜有强电子吸收, 并发生低阈值降解<sup>[1-3]</sup>. 用 PM-PES 溶液作光敏抗蚀剂旋转涂敷于2 $\mu$ m 厚的酚醛树脂(已硬化处理)上, 用308nm XeCl 准分子激光曝光并实现自显影, 经氧等离子体处理实现对树脂膜的刻蚀, 已实现0.53 $\mu$ m 的掩模(0.5 $\mu$ m) 图形转移<sup>[4]</sup>. 实验已证明, 能实现掩模图形转移是因为, 未被308nm 曝光的 PM-PES 在氧处理时变成了一层  $SiO_x$  膜, 为了与其它方法形成的  $SiO_x$  膜相区别, 本文中用  $PSiO_x$  表示. 在用氧等离子体刻蚀酚醛树脂膜时  $PSiO_x$  膜起蚀刻掩蔽作用. 实验也发现, 要实现亚微米图形转移, 氧等离子体处理条件的选择十分关键, 若条件选择不当, 不仅达不到刻蚀图形的转移, 而且可能将 PM PES 膜全部去除, 如同湿法光刻中的浮胶现象. 本文报道氧等离子体处理 PM PES 膜变成  $PSiO_x$  膜的条件及特性, 此研究国内尚未见报道

## 2 实验

试样衬底为单面抛光的电阻率为7~ 9 $\Omega \cdot$ cm 的N(100)单晶硅片, 经半导体器件氧化工艺清洗(用HF去表面氧化层)后, 抽真空脱水, 然后将 PM PES 溶液均匀涂敷在硅片上. 试

\* 国家自然科学基金资助项目(29771024)

谢茂浓 男, 1940年出生, 副教授, 从事半导体薄膜材料制备工艺研究和微电子技术专业的教学

傅鹤鉴 男, 1943年出生, 教授, 从事激光化学的研究

1998-01-26收到, 1998-04-08定稿

样在60 左右的红外灯下坚膜后,置于氧等离子体去胶机中处理,处理参数范围如表1.用红外吸收谱分析膜成分,用高频(MHz) $C-V$  仪测  $PSiO_x$  膜的  $C-V$  特性曲线

表 1 氧等离子体处理参数范围

处理条件	真空度/Pa	栅电流/mA	阳极电流/mA	时间/min
参数范围	1~ 30	20~ 60	70~ 140	1~ 10

### 3 结果与讨论

试样经氧等离子体处理后的红外吸收谱如图1所示,图中有五个明显的吸收峰,波数分别为  $700\text{cm}^{-1}$ 、 $758\text{cm}^{-1}$ 、 $1070\text{cm}^{-1}$ 、 $1179.3\text{cm}^{-1}$ 、 $1259.6\text{cm}^{-1}$ ,其中以  $1070\text{cm}^{-1}$  吸收峰为最强,对应  $\text{Si-O-Si}$  伸缩振动吸收峰,表明  $\text{PM-PES}$  经氧等离子体处理后,确实形成  $PSiO_x$  膜,根据 Pai 等<sup>[5]</sup>的  $\text{Si-O-Si}$  伸张频数( $\text{cm}^{-1}$ )与  $x$  ( $SiO_x$ ) 关系曲线查得  $PSiO_x$  中的  $x$  在 1.5~ 2之间,与  $SiO_2$  的化学计量比相近  $700 \sim 758\text{cm}^{-1}$  吸收峰是  $\text{CH}_2$  基平面摇摆振动吸收所致,  $1179\text{cm}^{-1}$  吸收峰可能是  $sp^3\text{C-C}$  振动所致,  $1259\text{cm}^{-1}$  吸收峰是混合  $sp^2/sp^3\text{C-C}$  振动吸收峰,表明  $PSiO_x$  中含有 C 和 H.

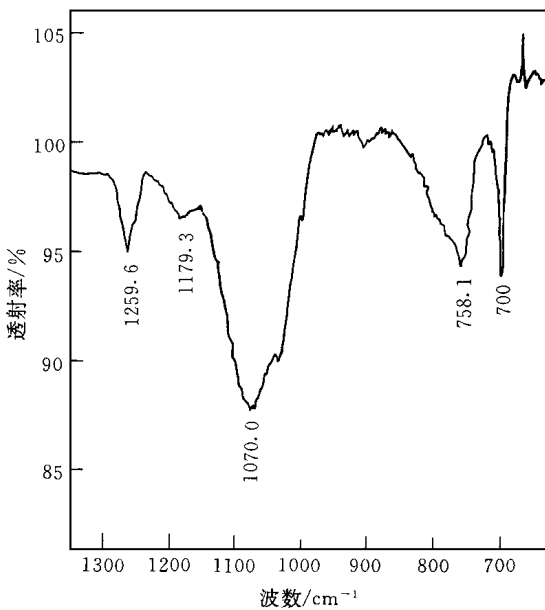


图 1  $\text{PM-PES}$  膜经氧等离子体处理后的红外吸收谱图

为了研究氧等离子体处理条件对  $PSiO_x$  特性的影响,将一硅片剖成四块,使每块上的  $\text{PM-PES}$  膜厚相同 作参考的2号试样不作氧等离子处理,1、3、4号的处理条件见表2,测得高频  $C-V$  特性曲线如图2所示,图中  $C$  为 MOS 结构总电容,  $C_0$  为  $PSiO_x$  膜电容,  $C/C_0$  为归一化电容 图2表明,  $\text{PM-PES}$  膜经氧等离子体处理后,均获得理想高频  $C-V$  特性曲线 在等离子体处理中,虽经高能电子、粒子辐射,膜的高频  $C-V$  曲线未发生畸变,并向偏压大于零的右方移动,而且处理时间短(1号样),反应室真空度低(1、3号样),则  $C-V$  曲线向右移动大 为了研究  $\text{PM-PES}$  膜层厚度对  $C-V$  特性的影响,将4片硅片剖成8片,其中1、5、6号只涂一层  $\text{PM-PES}$  膜,3、7、8号涂有两层  $\text{PM-PES}$  膜,处理条件见表3,(1、3),(5、6),(7、8)各组中试样处理条件相同,真空度分别为 30、20、15Pa 氧等离子体处理后,所测高频  $C-V$  特性曲线示于图3,图3表明,6条高频  $C-V$  特性曲线的归一化最小电容相近,涂两次  $\text{PM-PES}$  膜的试样比只涂一次的高频  $C-V$  特性曲线向右移动大 其真空度对  $C-V$  特性曲线移动的影响同图2

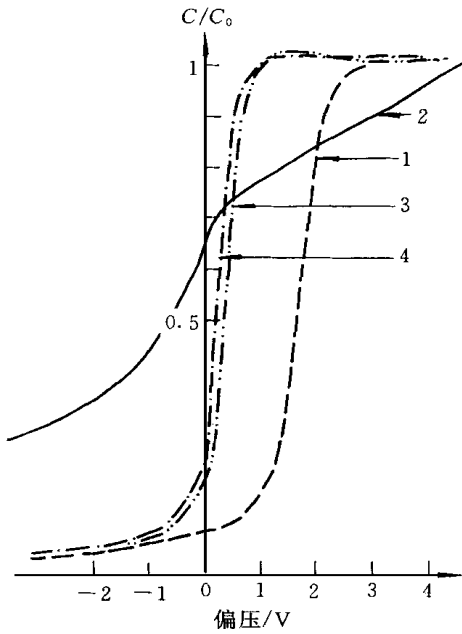
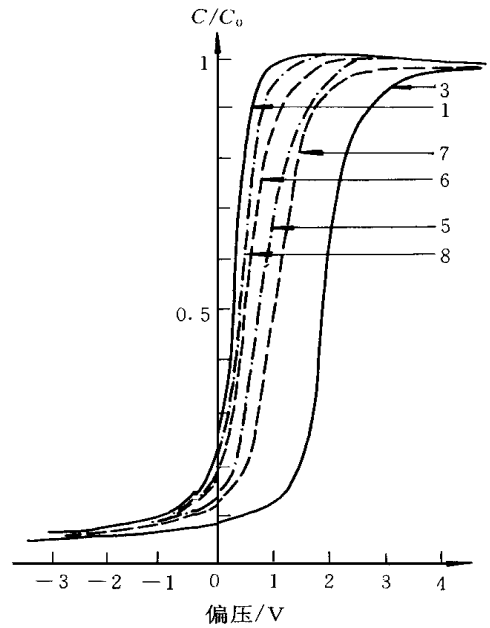
为了研究氧等离子体处理条件对  $PSiO_x$  特性的影响,将一硅片剖成四块,使每块上的  $\text{PM-PES}$  膜厚相同 作参考的2号试样不作氧等离子处理,1、3、4号的处理条件见表2,测得高频  $C-V$  特性曲线如图2所示,图中  $C$  为 MOS 结构总电容,  $C_0$  为  $PSiO_x$  膜电容,  $C/C_0$  为归一化电容 图2表明,  $\text{PM-PES}$  膜经氧等离子体处理后,均获得理想高频  $C-V$  特性曲线 在等离子体处理中,虽经高能电子、粒子辐射,膜的高频  $C-V$  曲线未发生畸变,并向偏压大于零的右方移动,而且处理时间短(1号样),反应室真空度低(1、3号样),则  $C-V$  曲线向右移动大 为了研究  $\text{PM-PES}$  膜层厚度对  $C-V$  特性的影响,将4片硅片剖成8片,其中1、5、6号只涂一层  $\text{PM-PES}$  膜,3、7、8号涂有两层  $\text{PM-PES}$  膜,处理条件见表3,(1、3),(5、6),(7、8)各组中试样处理条件相同,真空度分别为 30、20、15Pa 氧等离子体处理后,所测高频  $C-V$  特性曲线示于图3,图3表明,6条高频  $C-V$  特性曲线的归一化最小电容相近,涂两次  $\text{PM-PES}$  膜的试样比只涂一次的高频  $C-V$  特性曲线向右移动大 其真空度对  $C-V$  特性曲线移动的影响同图2

表 2 相同厚度 PM PES 氧等离子体处理条件

试样号	真空度/Pa	栅电流/mA	阳极电流/mA	时间/min
1	20	20	70	5
3	15	20	70	10
4	10	20	70	10

表 3 不同 PM PES 膜厚氧等离子体处理条件

样片号	真空度/Pa	栅电流/mA	阳极电流/mA	时间/min
1, 3	30	18	75	5
5, 7	20	18	70	5
6, 8	15	20	75	5

图 2 相同厚度 PM PES 膜氧等离子体处理后的低频  $C-V$  特性曲线图 3 不同厚度 PM PES 膜经氧等离子体处理后的低频  $C-V$  特性曲线

我们的实验结果表明, 聚硅烷 PM PES 膜不仅是一种能实现亚微米图形转移的光敏抗蚀剂, 而且经氧等离子体处理后能转变成接近化学计量比的  $SiO_2$  膜, 且具有理想高频  $C-V$  特性曲线, 平带电压为正, 有希望在微电子、光电子器件制造技术中得到应用

### 参 考 文 献

- [1] Mauer D. R., Hofer D., Ficke N. G. *et al*, *Polym. Eng. and Sci*, 1986, **26**(16): 1129~ 1134
- [2] Hejlan Fu, Maonong Xie *et al*, *J. Appl. Polym. Sci*, 1997, **66**: 1515~ 1519
- [3] Hejlan Fu, Maonong Xie *et al*, *European Polymer Journal* accepted
- [4] 傅鹤鉴, 谢茂浓, 等, *四川大学学报(自然)*, 1997, **34**(4): 489~ 492
- [5] G. P. Pai *et al*, *J. Vac. Technol*, 1986, **A4**(3): 689~ 694

## Feature of UV Light Sensitive Material Polymethyl Phenethyl Silane Treated by Oxygen Plasma

Xie Maonong

*(Department of Physics, Sichuan University, Chengdu 610064)*

Fu Hejian

*(Department of Chemistry, Sichuan University, Chengdu 610064)*

Received 26 January 1998, revised manuscript received 8 April 1998

**Abstract** The analysis of infrared (IR) transmission spectroscopy shows that the  $\text{SiO}_x$  films are produced when Polymethyl Phenethyl Silane (PM PES) is treated with oxygen plasma, where  $x$  is in the range from 1.5 to 2. This film has a positive flatband voltage, on the curve of high frequency  $C-V$  characteristics and the value is dependent on the condition of oxygen plasma treatment and the thickness of PM PES film.

**PACC:** 6140, 7390, 8250E