

# 不同金属栅极的 M-SiO<sub>2</sub>-Si 系统可动离子界面陷阱能量分布的研究

王阳元 张利春 吉力久 倪学文

(北京大学计算机科学技术系)

1981年2月26日收到

在当前大规模集成电路和微波、功率晶体管的发展中，电极已不复限于铝。诸如钛、铝、铜、金等已被广泛采用。特别是钼栅 LSI 的发展使人们对可动离子在 M-SiO<sub>2</sub>-Si 系统中的运动动力学性质感兴趣。大量实验已证明<sup>[1,2]</sup> 可动离子在 SiO<sub>2</sub> 中的运输性质和在界面陷阱中的分布，不能用单能极模型来描述，而是在陷阱中，按能量有一个分布。本文就是利用我们提出的，直接从实验 TSIC 曲线求出可动离子界面分布的近似方法<sup>[2]</sup>，研究了用不同金属材料作为栅电极时，M-SiO<sub>2</sub>-Si 系统中可动离子的运输性质和它们在界面陷阱中按能量的分布。

实验样品为：P型单晶硅（ $\rho: 8-10\Omega\text{-cm}$ ,  $\langle 111 \rangle$  晶向）；用干-湿-干常规工艺分别生长厚度为 1000 Å 和 5000 Å 的 SiO<sub>2</sub> 层；直流溅射方法溅射 Au、Mo（真空度  $10^{-6}\text{mmHg}$ ，电压分别为 600V 和 1500V，电流 60mA，时间为 5 分钟和 10 分钟，厚度  $> 1000\text{ \AA}$ ），用蒸发方法蒸发 Ti、Ni-Cr (20%) Al-Cu (4%) 和 Al，生成各种不同的金属层，形成栅极，光刻后制成 MOSC，进行 TSIC 测量。测量条件同文献 [2] 所述，得到了如下结果：

(1) 在 SiO<sub>2</sub> 厚度为 1000 Å 和 5000 Å 的情况下，不同金属栅极并不影响可动离子在 Si/SiO<sub>2</sub> 界面陷阱中按能量的分布情况。图 1(a)、(b) 分别表示 SiO<sub>2</sub> 厚度为 1000 Å 和 5000

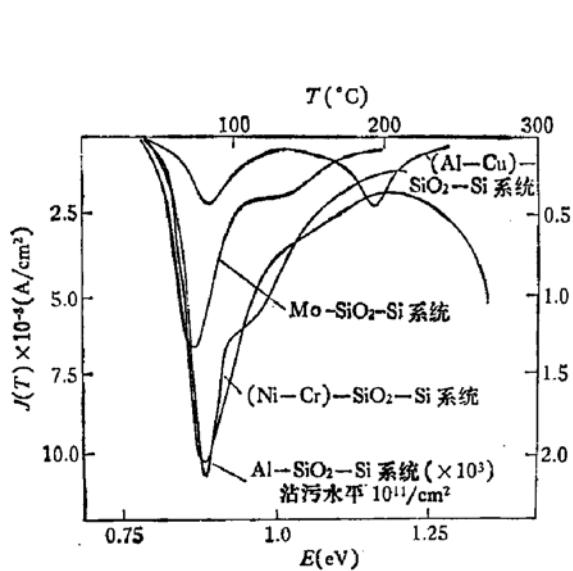


图 1(a)

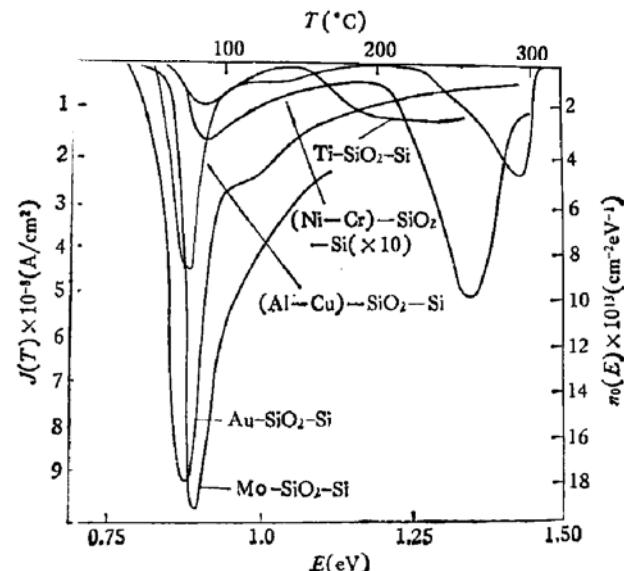


图 1(b)

$\text{\AA}$  时的实验结果。从图中可知,与第一个峰值相对应的,可动离子分布的最可能能级都在  $0.90 \pm 0.03 \text{ eV}$  范围内,而  $\pm 0.03 \text{ eV}$  在实验误差范围之内。通常认为第一个峰与  $\text{Na}^+$  有关。实验中,可动离子浓度从  $10^{11}/\text{cm}^2$  变化到  $10^{14}/\text{cm}^2$ 。可见,不同金属栅极不影响可动离子在  $\text{Si}/\text{SiO}_2$  界面陷阱中按能量分布的情况这一结论,在可动离子沾污水平从  $10^{11}/\text{cm}^2$ — $10^{14}/\text{cm}^2$  的范围内都是成立的。 $\text{Si}/\text{SiO}_2$  界面的可动离子陷阱性质,在一定硅片表面和氧化工艺条件下,由该界面物理化学性质所决定。

(2) 以不同金属为栅极,可以显著影响可动离子在  $\text{M}/\text{SiO}_2$  界面陷阱中按能量分布的情况。如图 2 所示。从图中可知,与第一个峰值相对应的,可动离子分布的最可能能级,对以 Mo 为栅的系统来说,为  $1.3 \text{ eV}$ ;对 Au 为  $1.2 \text{ eV}$ ;对 Al-Cu 为  $1.1 \text{ eV}$ ;而当我们应用纯 Al 为栅极时,这个值约为  $0.97$ — $1.0 \text{ eV}$ ;对 Ti 为  $1.0 \text{ eV}$ ;Ni-Cr 则为  $0.93 \text{ eV}$ ;对多晶硅/ $\text{SiO}_2$  界面,如图 3 所示,为  $1.1 \text{ eV}$ 。显然,可动离子陷阱能级越深,对于抑制可动离子在  $\text{SiO}_2$  中输运来说,是有利的,从而有利于器件,特别是 MOS 器件的稳定性。多晶硅- $\text{SiO}_2$ -Si 系统测量结果与 C. M. Osburn 的结果相差甚殊,他们的结果为  $2.7 \text{ eV}$ <sup>[3]</sup>。Osburn 是利用最大击穿时间对温度的激活能求得的,因素比较复杂。Seung P. Li<sup>[4]</sup> 等把它简单地归结为可动离子界面陷阱能级深度是不确切的。

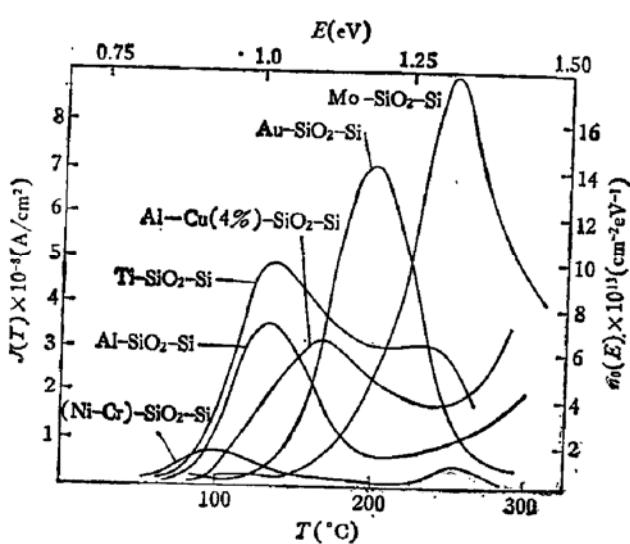


图 2

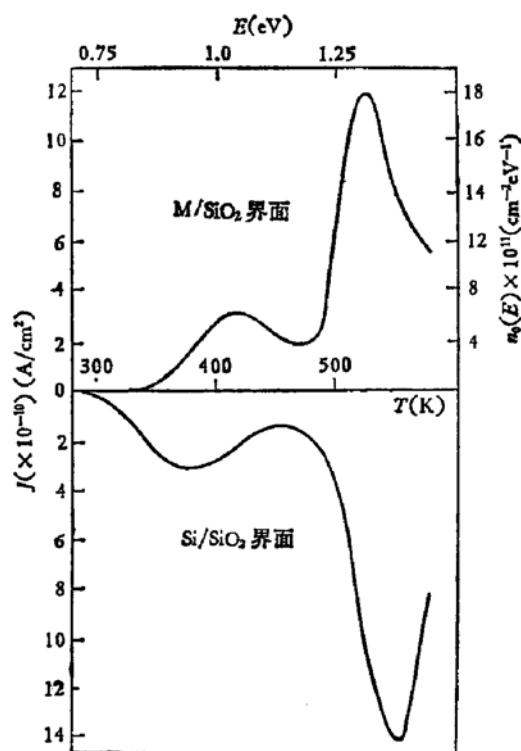


图 3

当然,上述结果与系统制备工艺和测试条件有关,我们是在偏压为 9 伏的条件下测量的<sup>[2]</sup>。

北京电子管厂 108 车间同志帮助制备了样品,清华大学李志坚教授帮助审阅了结果并进行了有益的讨论,在此一并致谢。

### 参 考 文 献

- [1] M. R. Boudry and J. P. Stagg; *J. Appl. Phys.*, 50, 942 (1979).
- [2] Ji Lijiu, Wang Yangyuan, Zhang Lichun and Ni Xuewen; *Phys. Mos. Insulat.*, 34B, 215C (1980).
- [3] C. M. Osburn and E. Bassous, *J. Electrochem. Soc.*, 122, 89 (1975).
- [4] Seung P. Li et al., *Solid-State Electronics*, 19, 235 (1976).

## Trapping Energy Distribution of Mobile Ions at Interfaces in M-SiO<sub>2</sub>-Si System with Various Metal Gate

Wang Yangyuan, Zhang Lichun, Ji Lijiu and Ni Xuewen  
(Peking University)