

# 两种注 F 能量的栅介质电离 辐射响应特性

张国强 严荣良 余学锋 任迪远 高文钰

(中国科学院新疆物理所 乌鲁木齐 830011)

赵元富 胡浴红 王英民

(骊山微电子研究所 临潼 710600)

**摘要** 对栅氧化后 30keV 与 43keV F 离子注入的 P 沟 MOSFET 进行了电离辐射响应特性的比较。结果发现, 30keV 注 F 具有较强的抑制辐射感生氧化物电荷和界面态增长的能力。用 30keV 注 F 具有较少注入缺陷的模型对实验结果进行了讨论。

**EEACC:** 2550E, 2560R; **PACC:** 7340Q

## 1 引言

CMOS 集成电路自七十年代问世以来, 由于其功耗低、抗扰强、速度快和集成度高等一系列优点, 因而在有限能源的航天和军事系统中得到了日益广泛的应用。但是研究表明, MOS 器件对电离辐射非常敏感, 在电离辐射下, MOS 结构的  $\text{SiO}_2$  栅介质将产生氧化物电荷积累并在  $\text{Si}/\text{SiO}_2$  界面导致新的界面态增长。这些辐照损伤可使 MOS 器件的阈电压和漏电流等特性参数严重退化甚至失效。因此, 寻求抗电离辐射新栅介质以提高 MOS 器件抗辐射水平的工作显得特别重要, 这也是当前国际上十分重视的一项前沿性工作。最近, 探索向  $\text{SiO}_2$  栅介质注 F 的方法来抑制电离辐射对 MOS 结构损伤的工作, 已取得一定进展<sup>[1-11]</sup>。但 F 注入工艺条件与 MOS 结构辐射响应的制约关系还不十分清楚, 而这些关系对认识 F 的加固作用和机理都是非常重要的。本文报道了栅氧化后分别注入 30keV 和 43 keV F 离子所制作的 PMOSFET, 在  $\gamma$  射线辐照下的行为特征, 发现 F 注入能量对 MOSFET 的辐照响应有重要影响。

## 2 样品制备及测试

实验所用样品为 Si 栅 P 沟 MOSFET, 它们制作在  $3.5-4 \Omega \cdot \text{cm}$ , N(100) 的硅衬底上,  $1000^\circ\text{C}$  干氧栅氧化, 栅氧化层厚度为 50nm, 芯片封装在 14 脚双列直插式的管壳内。

注 F 工艺是在淀积 500nm 的多晶硅层后分别注入能量为 30 keV 和 43 keV 的 F 离子, 然后于  $900^\circ\text{C}$  的  $\text{N}_2$  中退火 30 分钟。

MOSFET 的 I-V 亚阈特性测试由 HP4140、HP3488 和 IBM-PC/XT 等组成的测试系统完成。辐照是在<sup>60</sup>Co γ 源上完成的，辐照剂量率范围  $2.56 \times 10^3$ — $2.07 \times 10^4$  rad (Si)/min，辐照栅偏压  $V_{gs}$  为 -5V。

采用亚阈测量技术计算了界面态和氧化物电荷密度<sup>[12,13]</sup>，由  $I_{ds}-V_{gs}$  转移特性曲线外推而得到阈电压。

### 3 实验结果及讨论

两种注 F 能量的 PMOSFET 阈电压漂移随辐照总剂量的变化关系如图 1 所示。由图可见，30keV 注 F 样品阈电压随辐照剂量的漂移速率明显小于 43keV 注 F 样品，当累积剂量达到  $5 \times 10^5$  rad (Si) 时，二者相差 0.6V 左右。因此，30keV 注 F 能较好地抑制辐射感生阈电压漂移。

图 2 和图 3 分别给出了两种注 F 能量的 PMOSFET 氧化物电荷密度  $N_{ox}$  和界面态密度  $D_{it}$  的辐照响应关系。分析图中数据可得，30keV 注 F 具有较强的抑制辐射感生氧化物电荷和界面态增长的能力。

PMOSFET 阈电压负向漂移可归结为辐射感生氧化物电荷和界面态所引起的负向漂移之和。图 2 和图 3 的结果正好反映了图 1 的阈电压变化关系。

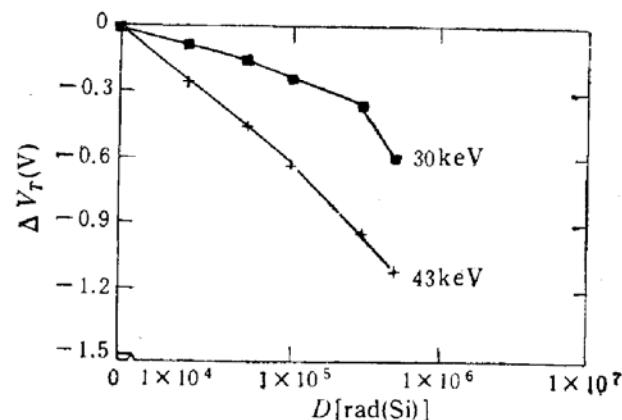


图 1 两种注 F 能量的 PMOSFET 阈电压漂移与辐照累积剂量的关系  
注 F 剂量  $5 \times 10^{13} \text{ F/cm}^2$

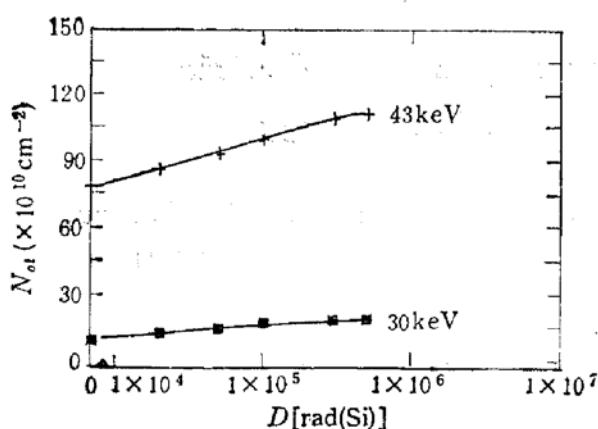


图 2 两种注 F 能量的 PMOSFET 氧化物电荷密度与辐照累积剂量的关系  
注 F 剂量  $5 \times 10^{13} \text{ F/cm}^2$

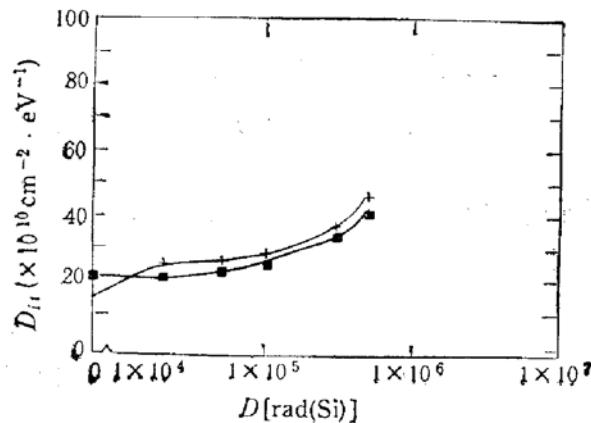


图 3 两种注 F 能量的 PMOSFET 界面态密度与辐照累积剂量的关系  
注 F 剂量  $5 \times 10^{13} \text{ F/cm}^2$

F 注入多晶硅表面后的退火，其作用是：①使大部分 F 被推进 SiO<sub>2</sub> 栅介质并在 Si/polySi 与 Si/SiO<sub>2</sub> 二界面处形成峰值。②减小 F 离子注入损伤。③促使 F 替代其它应力键而与 Si 结键。因 30 keV F 离子注入带进 SiO<sub>2</sub> 栅介质中的缺陷少于 43 keV 注 F，虽然经过相同条件的退火，但前者留下的缺陷仍少于后者。由于辐射感生电荷强烈地依赖于栅氧化层中引入的缺陷，所以前者的辐射感生电荷少于后者，表现出较强的抑

制辐射感生氧化物电荷和界面态增长的能力。

#### 4 结 语

本文对 30 keV 和 43 keV 两种注 F 能量的 PMOSFET 进行了电离辐射效应的研究。发现 30keV 注 F 能明显抑制辐射感生氧化物电荷和界面态的增长,引起 PMOSFET 较小的阈电压漂移,其辐射敏感性的降低,可能是低能注 F 带入栅介质较少缺陷的缘故。关于注 F 工艺条件对 MOS 结构电离辐射效应的影响及作用机制有待进一步探讨。

#### 参 考 文 献

- [1] E. F. da Silva Jr., Y. Nishioka and T. P. Ma, IEEE Trans. Nucl. Sci., 1987, NS-34:1190.
- [2] Y. Nishioka, Y. Ohji, K. Mukai, T. Sugano, Y. Wang and T. P. Ma, Appl. Phys. Lett., 1989, 54(12): 1127.
- [3] Y. Nishioka, K. Ohyu, Y. Ohji, N. Natsuaki, K. Mukai and T. P. Ma, IEEE Electron Device Lett., 1989, 10(4):141.
- [4] Y. Nishioka, E. F. da Silva Jr., Y. Wang and T. P. Ma, IEEE Electron Device Lett., 1988, 9(1):38.
- [5] Y. Nishioka, K. Ohyu, Y. Ohji and T. P. Ma, IEEE Electron Device Lett., 1989, 10(12):540.
- [6] P. J. Wright and K. Saraswat, IEEE Trans. Electron Devices, 1989, ED-36:879.
- [7] N. Kasai, P. J. Wright and K. C. Saraswat, IEEE Trans. Electron Devices, 1990, ED-37:1426.
- [8] K. P. Macwilliams, L. F. Halle and T. C. Zietlow, IEEE Electron Device Lett., 1990, 11(1):3.
- [9] G. Q. Lo, W. Ting, D. L. Kwong, J. Kuehen and C. W. Magee, IEEE Eletron Device Lett., 1990, 11(11):511.
- [10] Y. Nishioka, K. Ohju, Y. Ohji, M. Kato, E. F. da Silva and T. P. Ma, IEEE Trans. Nucl. Sci., 1989, NS-36:2116.
- [11] Y. Nishioka, T. Itoga, K. Ohyu, M. Kato and T. P. Ma, IEEE Trans. Nucl. Sci., 1990 NS-37: 2026.
- [12] M. Gaitan and T. J. Russel, IEEE Trans. Nucl. Sci., 1984, NS-31:1256.
- [13] 高文钰,抗核加固, 1990, 3(3): 12.

#### **Ionizing Radiation Responses of Gate Dielectric with Two Fluorine Implantation Energy**

Zhang Guoqiang, Yan Rongliang Yu Xuefeng, Ren Diyuan and Gao Wenyu,  
(Xinjiang Institute of Physics, the Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011)

Zhao Yuanfu, Hu Yuhong and Wang Yingming  
(Li Shan Microelectronics Institute, Lintong, Shanxi 710600)

**Abstract** Ionizing radiation responses of P-channel MOSFETs with 30keV and 43 keV fluorine implantation after gate oxidation have been compared. The results show that the MOSFETs with 30keV F implantation behave more obvious characteristics restraining radiation-induced oxide charges and interface states. The experimental results have been explained a model——30keV F implantation carrying less implantation defects into gate oxides.

**EEACC:** 2550E, 2560R; **PACC:** 7340Q