

文章编号: 2095-4980(2022)09-0908-07

## 环境温度对 SiC MOSFET 的总剂量辐射效应影响

蒲晓娟<sup>1a,1b,2</sup>, 冯皓楠<sup>1a,1b,2</sup>, 梁晓雯<sup>1a,1b,2</sup>, 魏莹<sup>\*1a,1b,2</sup>, 余学峰<sup>1a,1b</sup>, 郭旗<sup>1a,1b,2</sup>

(1.中国科学院 a.特殊环境功能材料与器件重点实验室; b.新疆理化技术研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011;  
2.中国科学院大学, 北京 100049)

**摘要:** 开展不同温度下碳化硅(SiC)金属-氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)总剂量效应研究。采用<sup>60</sup>Co $\gamma$ 射线对三款国内外生产的 SiC MOSFET 器件进行总剂量辐照试验, 获得器件阈值电压、击穿电压、导通电阻、漏电流等参数分别在 25 °C, 100 °C, 175 °C 下的辐射损伤特性, 比较器件在不同温度下辐照后器件的退化程度。仿真实验结果表明, 不同器件的阈值电压、静态漏电流以及亚阈特性等辐射损伤变化都表现出对环境温度的敏感性, 而导通电阻、击穿电压等则相对不敏感。此外 SiC MOSFET 总剂量辐射响应特性对环境温度的敏感性, 还随生产厂家的不同而呈现明显差异性。分析认为, 在其他条件相同情况下, 器件的阈值电压、静态漏电等参数的退化程度随着辐照温度的升高而降低, 主要是由于高温辐照时器件发生隧穿退火效应引起。

**关键词:** SiC 金属氧化物半导体; 总剂量效应; 温度; 静态参数

中图分类号: TN78

文献标志码: A

doi: 10.11805/TKYDA2022008

## Impacts of ambient temperature on the total ionizing dose effect of SiC MOSFET

PU Xiaojuan<sup>1a,1b,2</sup>, FENG Haonan<sup>1a,1b,2</sup>, LIANG Xiaowen<sup>1a,1b,2</sup>, WEI Ying<sup>\*1a,1b</sup>, YU Xuefeng<sup>1a,1b</sup>, GUO Qi<sup>1a,1b</sup>

(1a.Key Laboratory of Functional Materials and Devices for Special Environments;

1b.Xinjiang Technical Institute of Physics & Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Urumqi Xinjiang 830011, China;

2.University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** The total ionizing dose effect of Silicon Carbide(SiC) Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor(MOSFET) at different temperatures is studied. Three SiC MOSFET devices manufactured at home and abroad are irradiated by <sup>60</sup>Co $\gamma$  ray. The radiation damage characteristics of threshold voltage, breakdown voltage, conduction resistance and leakage current are obtained at 25 °C, 100 °C and 175 °C, respectively. The degradation degree of the devices after irradiation at different temperatures are compared. The results show that the threshold voltage, static leakage current and sub-threshold characteristics of different devices are sensitive to ambient temperature, while the on-resistance and breakdown voltage are relatively insensitive. In addition, the sensitivity of the total ionizing response of SiC MOSFET to ambient temperature also varies with different manufacturers. It is found that the threshold voltage, static leakage and other parameters decrease with the increase of temperature due to the the tunneling annealing effect during high temperature irradiation.

**Keywords:** SiC Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor; total dose response; temperature; static parameter

近些年, 以碳化硅(SiC)为代表的第三代宽禁带半导体材料, 因具有高临界击穿电场、耐高温、三倍于硅(Si)的热导率、良好的电子饱和漂移速度等诸多优势<sup>[1]</sup>, 成为制备功率金属-氧化物-半导体场效应晶体管(MOSFET)的最佳选择。相比传统的硅基 MOSFET, SiC MOSFET 器件具有更高的击穿电压, 更快的工作速度, 更高的集成度, 抗辐照能力强, 其不仅在电动汽车、新能源发电和轨道交通等领域具有广阔的应用需求<sup>[2-5]</sup>, 在宇航领域等

收稿日期: 2022-01-05; 修回日期: 2022-05-12

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(11805268)

\*通信作者: 魏莹 email:weiyin@ms.xjb.ac.cn

极端环境中的应用也展现了强大的竞争力<sup>[6-7]</sup>。

然而，SiC MOSFET在空间的应用首当其冲会遇到空间辐射带来的损伤问题。研究表明，空间单粒子辐射会导致SiC MOSFET烧毁，总剂量辐射会导致其阈值电压漂移、功耗电流增加、导通电阻增大等一系列问题<sup>[8-9]</sup>。除辐射问题外，SiC MOSFET作为功率器件需经常工作在高功率密度状态下，由于SiC相比Si基器件尺寸更小，再加之空间环境散热条件局限，因此工作在空间环境的SiC MOSFET还面临高温工作条件的考验<sup>[10]</sup>。因此SiC MOSFET在空间应用的适应性，不仅要考虑极端辐射环境的影响，更要考虑辐射与高温极端条件的共同作用。

虽然已有研究表明，在地面常规工作条件下，SiC MOSFET随着环境温度的升高，器件的阈值电压呈现线性的降低<sup>[11]</sup>，在高温栅应力的作用下，SiC MOSFET器件的阈值电压、导通电阻、击穿电压均会发生漂移<sup>[12]</sup>，但在空间辐射环境中，SiC MOSFET工作环境温度的升高对其辐射损伤特性产生何种影响？辐射效应与温度效应是否会产生耦合？并对器件的性能产生何种影响等等，目前系统的研究很少，仍需大量试验数据的积累以及深入的机理研究。

为此，本文基于SiC MOSFET器件在空间极端环境中的应用需求，初步探索了国内外生产的3款已经商用化的功率SiC MOSFET在不同温度环境下总剂量辐照的响应规律，通过分析研究，揭示了总剂量辐射环境中SiC MOSFET随温度变化而变化的特性和机理，为SiC功率器件在空间环境中的应用提供试验数据及理论支持。

## 1 试验方案

### 1.1 试验样品

本文挑选了国内外不同厂家生产的典型平面栅结构、TO-247封装的N沟道SiC功率MOSFET器件进行了不同温度环境下的总剂量辐照试验，所选用试验器件参数特性如表1所示。可以看出不同厂家功率MOSFET器件在漏电流上稍有不同，其他性能是一致的。每次试验均选用各厂家器件5只进行辐照，另外2只作为对照样品，不进行辐照。

表1 被测器件主要技术参数

Table1 Main technical parameters of the device under test

device type	channel	breakdown voltage/V	continuous current/A	on resistance/mΩ
A type device	N channel	1 200	35.5	80
B type device	N channel	1 200	31.6	80
C type device	N channel	1 200	40.0	80

### 1.2 辐照源

辐照试验在中国科学院新疆理化技术研究所进行，辐照源选择<sup>60</sup>Co $\gamma$ 射线源，剂量率为167 rad(Si)/s，每只辐照器件的累积剂量差异低于0.1%，辐照剂量点分别为50 krad(Si),100 krad(Si),200 krad(Si)。

### 1.3 辐照偏置及测试

在器件辐照过程中，对器件的栅极施加偏置电压 $U_{GS}=20$  V，漏极电压 $U_{DS}=0$  V，放置于爱斯佩克ESPEC鼓风干燥箱内，将高温箱温度依次设定为试验所需的25 °C,100 °C,175 °C等特定温度点，进行升温，待升至特定温度点后维持10 min，然后进行辐照。辐照前后分别进行阈值电压( $U_{TH}$ )、导通电阻( $R_{on}$ )、击穿电压( $BU_{DSS}$ )、栅极泄漏电流( $I_{GSS}$ )、漏极泄漏电流( $I_{DSS}$ )及 $I_{DS}-U_{GS}$ 亚阈特性测试。测试结束后，为避免器件退火，测试过程在1 h内完成。

使用BC3193半导体分立器件测试仪器测量辐照前后器件的静态电参数，之后使用Keithley 4200A-SCS半导体特性分析系统检测辐照前后亚阈值 $I_{DS}-U_{GS}$ 曲线，定义 $U_{TH}$ 为 $I_{DS}=10^{-5}$  A的 $U_{GS}$ 。

## 2 高温总剂量辐照试验结果

图1给出了试验所用三款器件分别在25 °C,100 °C下阈值电压 $U_{TH}$ 随辐照剂量的变化关系。如图1所示，在室温(25 °C)下辐照时，随着辐照剂量的增加，三款器件的阈值电压均出现负向漂移的现象；而在100 °C下辐照时，其中两款器件的阈值电压在辐照至50 krad(Si)和100 krad(Si)时，出现了阈电压回漂恢复现象。

比较图1三种样品在25 °C和100 °C环境下的总剂量辐照试验结果，发现常温下阈值电压随辐照累积剂量增加漂移最大的C器件，在100 °C环境温度中其阈值电压反而漂移最小。这一试验现象说明，温度对器件总剂量辐射损伤特性的影响大小，随器件结构、工艺等不同而呈现较大的差异性，即对辐射敏感的器件并不意味着对温度敏感，反之亦然。

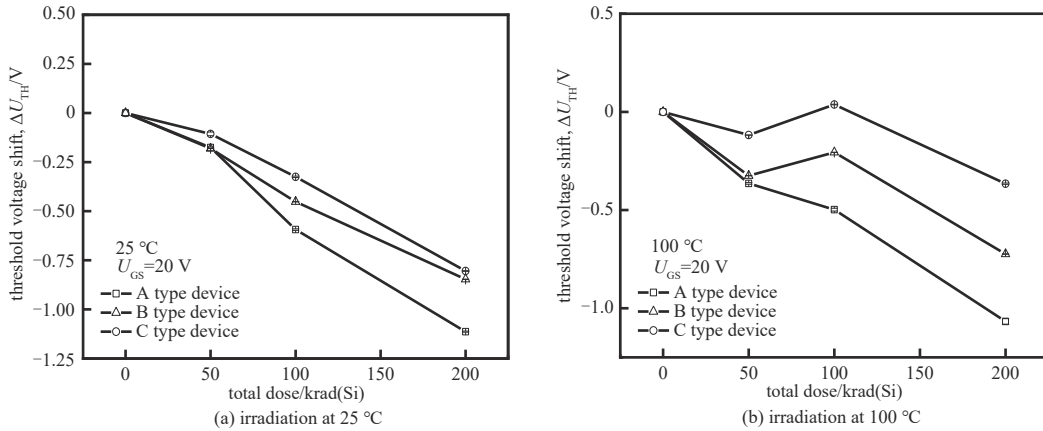


Fig.1 Change of threshold voltage shift  $\Delta U_{TH}$  with irradiation dose

图1 阈值电压 $\Delta U_{TH}$ 随辐照剂量的变化

以B款器件为例，图2给出了在25 °C,100 °C,175 °C环境下，器件阈值电压随辐照累积剂量的变化关系。从图2可以看出，在175 °C时，当辐照累计剂量达到50 krad(Si)时，器件的阈值电压正向漂移；在其他条件相同情况下，器件在高温环境中的阈值电压漂移幅度明显低于常温工作环境。这一现象说明，随着环境温度的提高，在一定程度上可以有效抑制器件由于总剂量辐照而导致的阈值电压负漂损伤。

除了测量辐照后器件阈值电压外，还进一步探究了在不同温度环境下器件导通电阻 $R_{on}$ 随辐照累积剂量的变化，如图3所示。在左图中可以看到，当器件的辐照剂量累积到50 krad(Si)时，三款器件的导通电阻均呈现增大的趋势，其中B款器件的变化幅度最大，在后面的辐照剂量点内，三款器件的导通电阻变化不大；在100 °C下辐照时，C款器件的导通电阻 $R_{on}$ 变化幅度较为明显。在相同条件下，样品在25 °C和100 °C环境的导通电阻退化差异并不大，与图2阈值电压的现象完全不同，表明环境温度并不能明显影响器件在总剂量辐射环境中的导通电阻损伤特性。

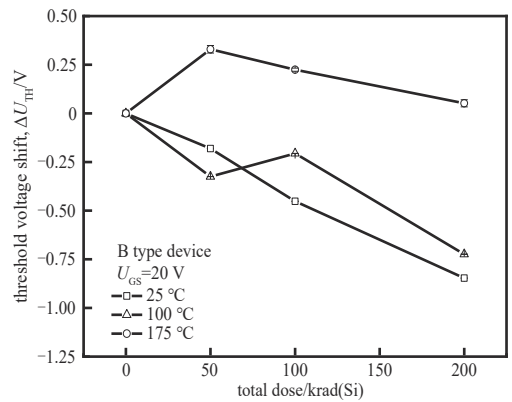


Fig.2 Change of threshold voltage shift  $\Delta U_{TH}$  with dose at different irradiation temperatures

图2 不同辐照温度下阈值电压漂移量 $\Delta U_{TH}$ 随剂量的变化

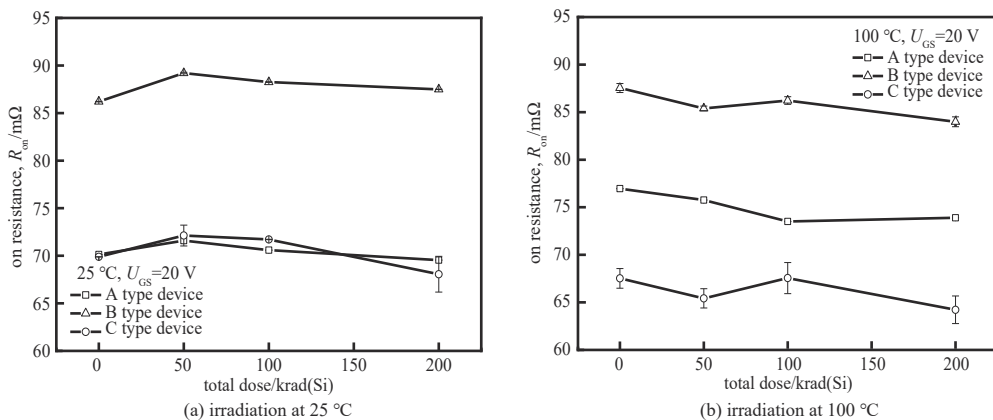


Fig.3 The on resistance  $R_{on}$  varying with the irradiation dose

图3 导通电阻 $R_{on}$ 随辐照剂量的变化

在探究了导通电阻 $R_{on}$ 、阈值电压 $U_{TH}$ 与辐照温度的关系之后，还测量了器件击穿电压 $BU_{DSS}$ 、栅极漏电流 $I_{GSS}$ 和漏源漏电流 $I_{DSS}$ 等特征参数，三款器件的击穿电压在不同的辐照温度下随辐照剂量的变化如图4所示。从图中可以得到，在室温下辐照，随着辐照剂量的增加，A款器件的击穿电压随着辐照剂量急剧下降至20 V左右，不再具有阻断特性，而C款器件在辐照至100 krad后，击穿电压出现了恢复现象；而在100 °C下进行辐照时，

A 款器件和 C 款器件的击穿电压随着辐照剂量的增加而逐渐降低，其中 A 款器件的击穿电压从 1 592 V 减小到 170 V 左右，C 款器件击穿电压随累积剂量的变化趋势较平缓。这一试验现象表明，温度对 SiC MOSFET 击穿电压的辐射损伤特性没有明显影响。

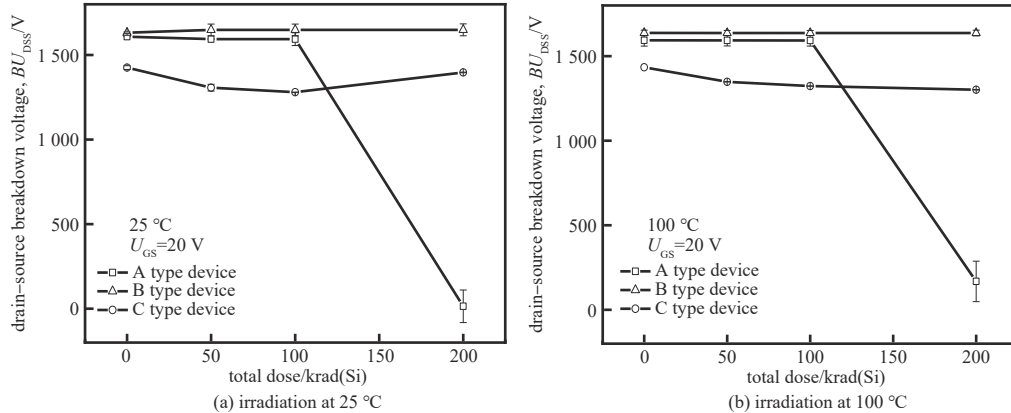


Fig.4 Drain-source breakdown voltage  $BU_{DSS}$  changing with the irradiation dose  
图 4 击穿电压  $BU_{DSS}$  随辐照剂量的变化

图 5 为栅极漏电流  $I_{GSS}$  随辐照剂量的变化，从图中可以看到，室温下辐照，随着辐照剂量的增加，三款器件的  $I_{GSS}$  均出现增大的现象，其中 A 款器件的变化幅度最大，栅极漏电流增大了 3 个数量级，其他两款器件随着辐照剂量的累积也有同样增大的趋势。而在 100 °C 下辐照时，随着辐照剂量的增加，A 款器件的栅极漏电流增加了一个数量级，但是相对于左图，在 100 °C 辐照时，三款器件的漏电流变化幅度减小，即随着辐照剂量的累积，栅极漏电流的退化均有不同程度的改善，这表明，环境温度的升高对这一电参数的退化有改善的作用。

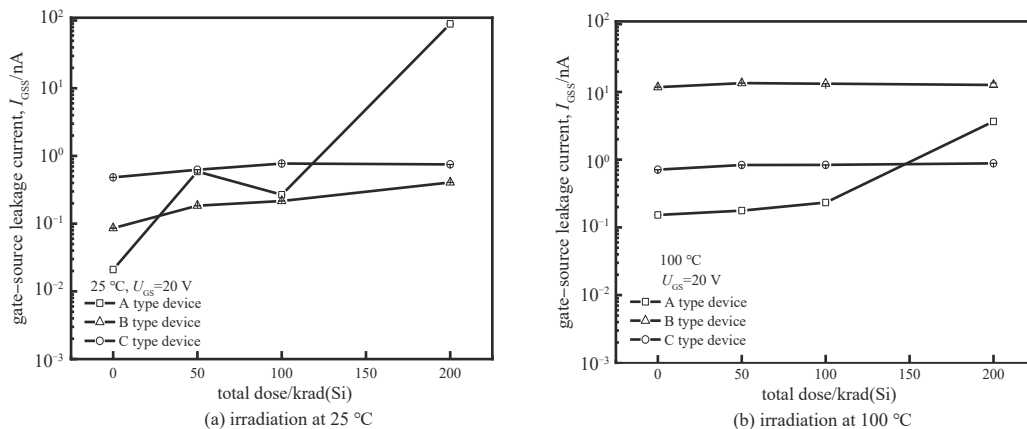


Fig.5 Change of gate-source leakage current  $I_{GSS}$  with irradiation dose  
图 5 栅极漏电流  $I_{GSS}$  随辐照剂量的变化

最后一个测试的静态参数为漏源泄漏电流  $I_{DSS}$ ，漏源泄露漏电流  $I_{DSS}$  随辐照剂量的变化如图 6 所示。从图中可以看到，室温下，A 款器件的漏源漏电流变化幅度最大，其随着辐照剂量的增大，增大了 3 个数量级，而其余两款器件的变化较小。而在 100 °C 辐照条件下，相较于室温下，A 款器件的漏源漏电流变化幅度减小，即环境温度对辐照引起的退化程度有一定的改善。

除了探究了文中三款器件的静态参数外，还使用 Keithley 4200A-SCS 半导体特性分析系统测试了 B 款器件在辐照前，以及累积剂量为 200krad(Si) 的辐照后的亚阈值特性曲线，以图 7 给出的 B 样品试验结果为例，可以观察到，与辐照前的亚阈值特性曲线相比，辐照后曲线均发生了左移；在相同的辐照剂量下，随着温度的增加，器件的亚阈值特性曲线负向漂移量减小。这一实验现象表明，环境温度的升高对辐照引起的亚阈特性退化有一定的改善作用。



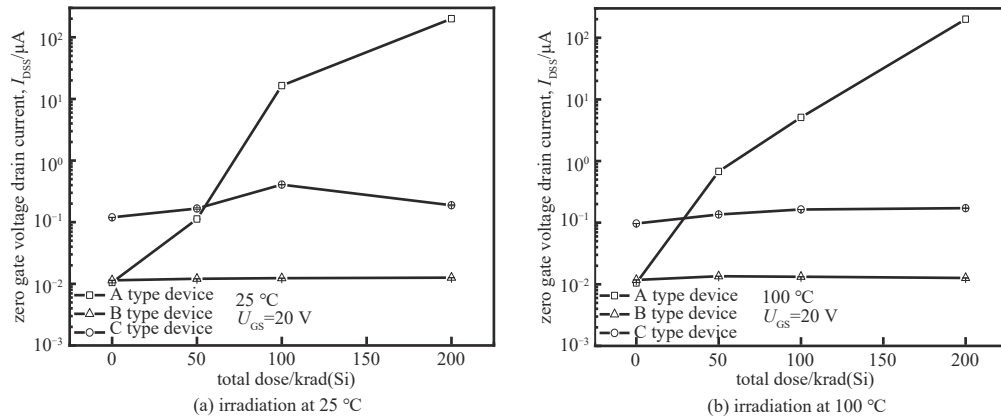


Fig.6 Change of zero gate voltage drain current  $I_{DSS}$  with irradiation dose  
图6 漏源漏电流  $I_{DSS}$  随辐照剂量的变化

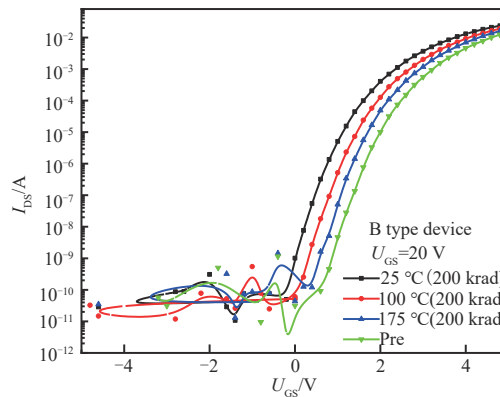


Fig.7 Change of subthreshold characteristic curves with irradiation dose at different irradiation temperatures  
图7 不同辐照温度下亚阈值特性曲线随辐照剂量的变化

### 3 试验结果分析

#### 3.1 总剂量效应对器件的影响机理

在总剂量电离中, MOSFET 器件受到  $\gamma$  射线的辐照后, 在氧化层( $\text{SiO}_2$ )内产生大量的电子空穴对, 由于电子的迁移率远大于空穴的迁移率, 辐照产生的电子在  $\text{SiO}_2$  中很快移出栅极, 而辐照产生的空穴缓慢地向  $\text{SiC}/\text{SiO}_2$  界面移动。这个过程中, 一部分空穴被氧化层中的空穴陷阱所俘获, 形成氧化层陷阱电荷<sup>[13-15]</sup>; 另一部分空穴与  $\text{SiC}/\text{SiO}_2$  界面相互作用, 界面的饱和键被打开, 从而产生了界面态陷阱电荷。辐照产生的正氧化物陷阱电荷会引起器件阈值电压的负向漂移; 而在  $\text{SiC}/\text{SiO}_2$  界面引入的界面态陷阱电荷导致阈值电压的正向漂移<sup>[16]</sup>, 即阈值电压的漂移是由氧化物陷阱电荷和界面态电荷共同作用的结果。而辐照引起的器件阈值电压负向漂移, 会导致器件的漏源泄漏电流增大以及亚阈值特性曲线水平向左平移。除此之外, 阈值电压的减小同样会引起导通电阻的降低<sup>[17]</sup>。

#### 3.2 温度对总剂量效应的影响

试验结果表明, 3 种样品的  $\text{SiC}$  MOSFET 的总剂量辐射响应特性对环境温度呈现出不同的敏感性, 且同一器件对总剂量辐射的敏感和对温度的敏感不具有相关性。试验中, 不同器件的阈值电压、静态漏电流以及亚阈值特性等辐射损伤变化都表现出了对环境温度的敏感性, 100 °C 和 175 °C 下辐照的器件退化程度均小于 25 °C 下辐照的器件, 而导通电阻、击穿电压等的辐照变化则对环境温度变化不敏感。

器件的阈值电压、静态漏电流以及亚阈值特性等对温度敏感的主要原因, 是器件在辐照过程中存在隧穿效应的退火方式<sup>[18]</sup>。在高温下对器件进行辐照时, 一方面  $\gamma$  射线会在栅氧化层内引入氧化物陷阱电荷; 另一方面,  $\text{SiC}$  衬底电子在电场的作用下隧穿到氧化层内与被俘获的空穴中和, 而沟道电子可以在高温环境中吸收足够的能量从而穿过  $\text{SiC}/\text{SiO}_2$  界面, 在外加电场的作用下与氧化层内氧化物陷阱电荷中和。因此, 随着辐照温度的升高, 器件氧化层内辐照引入的氧化物陷阱浓度减少, 从而使得辐照后器件阈值电压、漏电流、导通电阻的退化程度降低。

## 4 结论

本文针对国内外生产的三款SiC MOSFET器件开展了不同温度下的总剂量辐照试验。试验结果表明,随着 $\gamma$ 射线辐照剂量的增加,不同的辐照温度均会导致器件电参数不同程度的退化;随着辐照温度的升高,在同一辐照剂量下,引起的器件退化程度随之减小,而出现这一现象的原因为:高温辐照的过程中,高温这一因素使器件发生了隧穿退火,从而使得器件的电学性能得以恢复。而高温辐照试验表明,在辐照至200 krad(Si)时,高温辐照产生的阈值电压的退化较常温辐照得到了抑制,这也就表明高温辐照条件下的相关测试对于准确评估器件的可靠性是有必要的。

### 参考文献:

- [1] KIMOTO T, COOPER J A. Fundamentals of silicon carbide technology: growth, characterization, devices and applications[M]. [s.l.]: Wiley-IEEE, 2014.
- [2] ZENG Zeng, ZHANG Xin, BLAABJERG F, et al. Impedance-oriented transient instability modeling of SiC MOSFET intruded by measurement probes[J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2020, 35(2): 1866–1881.
- [3] CHBILI Z, MATSUDA A, CHBILI J, et al. Modeling early breakdown failures of gate oxide in SiC power MOSFETs[J]. IEEE Transactions on Electron Devices, 2016, 63(9): 3605–3613.
- [4] 盛况, 郭清, 张军明, 等. 碳化硅电力电子器件在电力系统的应用展望[J]. 中国电机工程学报, 2012, 32(30): 1–7. (SHENG Kuang, GUO Qing, ZHANG Junming, et al. Development and prospect of SiC power devices in power grid[J]. Proceedings of the CSEE, 2012, 32(30): 1–7.)
- [5] YIN S, TSENG K J, SIMANJORANG R, et al. A 50 kW high-frequency and high-efficiency SiC voltage source inverter for more electric aircraft[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2017, 64(11): 9124–9134.
- [6] MILLAN J, GODIGNON P, PERPINA X, et al. A survey of wide bandgap power semiconductor devices[J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2014, 29(5): 2155–2163.
- [7] 李沫, 孙鹏, 宋宇, 等. 半导体器件辐射电离效应的激光模拟方法[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2015, 13(1): 160–168. (LI Mo, SUN Peng, SONG Yu, et al. Basic principles and research progress of laser simulation of ionization radiation effect in semiconductor devices[J]. Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology, 2015, 13(1): 160–168.)
- [8] SHE X, HUANG A Q, LUCIA O, et al. Review of silicon carbide power devices and their applications[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2017, 64(10): 8193–8205.
- [9] 王鹏, 徐青, 杭丽, 等. 一种抗辐射高压MOSFET驱动器的设计[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2016, 14(6): 972–976. (WANG Peng, XU Qing, HANG Li, et al. A design of radiation hardening high-voltage MOSFET driver[J]. Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology, 2016, 14(6): 972–976.)
- [10] 魏家行. 碳化硅基功率MOSFET可靠性机理及模型研究[D]. 南京: 东南大学, 2019. (WEI Jiaying. Research on reliability mechanisms and models for Silicon Carbide based power MOSFETs[D]. Nanjing, China: Southeast University, 2019.)
- [11] CHEN S, CAI C, WANG T, et al. Cryogenic and high temperature performance of 4H-SiC power MOSFETs[C]// Twenty-Eighth Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC). Long Beach, CA, USA: IEEE, 2013: 207–210.
- [12] 邓小川, 陈茜茜, 王弋宇, 等. 1 200 V SiC MOSFET晶体管的高温可靠性研究[J]. 大功率变流技术, 2016(5): 62–64, 70. (DENG Xiaochuan, CHEN Xiqi, WANG Yiyu, et al. High-temperature reliability of 1 200 V SiC power MOSFETs[J]. High Power Converter Technology, 2016(5): 62–64, 70.)
- [13] 张靖维. 不同栅偏下SiC MOSFET的辐照响应及退火恢复研究[D]. 北京: 北京工业大学, 2019. (ZHANG Jingwei. Impact of different gate biases on irradiation and annealing responses of SiC MOSFETs[D]. Beijing: Beijing University of Technology, 2019.)
- [14] 陈伟华, 杜磊, 庄奕琪, 等. MOS结构电离辐射效应模型研究[J]. 物理学报, 2009, 58(6): 4090–4095. (CHEN Weihua, DU Lei, ZHUANG Yiqi, et al. A model considering the ionizing radiation effects in MOS structure[J]. Acta Physica Sinica, 2009, 58(6): 4090–4095.)
- [15] 刘张李, 胡志远, 张正选, 等. 0.18  $\mu\text{m}$  MOSFET器件的总剂量辐照效应[J]. 物理学报, 2011, 60(11): 497–501. (LIU Zhangli, HU Zhiyuan, ZHANG Zhengxuan, et al. Total dose irradiation effect of 0.18  $\mu\text{m}$  MOSFET device[J]. Acta Physica Sinica, 2011, 60(11): 497–501.)
- [16] HAZDRA P, POPELKA S. Displacement damage and total ionization dose effects on 4H-SiC power devices[J]. IET Power Electronics, 2019, 12(2): 3910–3918.

- [17] AKTURK A, MCGARRITY J M, POTBHARE S, et al. Radiation effects in commercial 1 200 V 24 A silicon carbide power MOSFETs[J]. IEEE Transactions on Nuclear Science, 2013,59(6):3258–3264.
- [18] 顾朝桥, 郭红霞, 潘霄宇, 等. 不同应力下碳化硅场效应晶体管器件总剂量效应及退火特性[J]. 物理学报, 2021,70(16):198–206. (GU Chaoqiao, GUO Hongxia, PAN Xiaoyu, et al. Total dose effect and annealing characteristics of SiC FET devices under different stresses[J]. Acta Physica Sinica, 2021,70(16):198–206.)

#### 作者简介:

蒲晓娟(1998-), 女, 在读硕士研究生, 主要研究方向为功率器件辐射效应. email: puxiaojuan20@mails.ucas.ac.cn.

冯皓楠(1997-), 男, 在读博士研究生, 主要研究方向为 SiC VDMOS 电离总剂量效应、常规可靠性及仿真.

梁晓雯(1992-), 女, 在读博士研究生, 主要研究方向为功率器件辐射效应.

魏莹(1983-), 女, 博士, 副研究员, 主要研究方向为电子器件辐射效应.

余学峰(1964-), 男, 学士, 研究员, 主要研究方向为电子器件辐射效应.

郭旗(1964-), 男, 学士, 研究员, 主要研究方向为电子器件辐射效应.

(上接第 883 页)

#### 作者简介:

琚安安(1993-), 男, 博士, 工程师, 主要研究方向为电子元器件的辐射效应. email: AAJu@foxmail.com.

郭红霞(1964-), 女, 博士, 研究员, 博士生导师, 主要研究方向为电子元器件的辐射效应.

丁李利(1987-), 女, 博士, 研究员, 主要研究方向为电子元器件的辐射效应研究、仿真及加固.

刘建成(1976-), 男, 博士, 研究员, 主要研究方向为电子元器件的辐射效应.

张凤祁(1980-), 男, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为电子元器件的辐射效应.

张鸿(1994-), 男, 在读博士研究生, 主要研究方向为宽禁带半导体辐射效应机理及加固.

柳奕天(1996-), 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向为电子元器件的辐射效应.

顾朝桥(1995-), 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向为电子元器件的辐射效应.

刘晔(1998-), 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向为电子元器件的辐射效应.

冯亚辉(1995-), 男, 硕士, 在读博士研究生, 主要研究方向为电子元器件的辐射效应.