

# 沟道宽长比对深亚微米 NMOSFET 总剂量辐射与热载流子损伤的影响

崔江维<sup>1)2)3)</sup> 余学峰<sup>1)2)†</sup> 任迪远<sup>1)2)</sup> 卢健<sup>1)2)3)</sup>

1) (中国科学院新疆理化技术研究所, 乌鲁木齐 830011)

2) (新疆电子信息材料与器件重点实验室, 乌鲁木齐 830011)

3) (中国科学院研究生院, 北京 100049)

(2011年7月7日收到; 2011年8月19日收到修改稿)

本文对不同沟道宽长比的 NMOSFET 进行了辐射与热载流子应力的试验研究, 电参数测量数据表明: 虽然两种损伤的原理具有相似之处, 但总剂量辐射与热载流子的损伤表现形式及对沟道宽长比的依赖关系均不同. 辐射损伤的最大特点是关态泄漏电流增加, 并且损伤与沟道宽长比成反比; 热载流子损伤会造成跨导等参数的显著变化, 但关态泄漏电流无明显改变, 并且损伤随沟道长度与宽度的减小而增大. 从二者基本原理出发, 结合宏观参数的表现形式, 文中对辐射与热载流子损伤进行了详细分析, 认为造成二者损伤差异及对沟道宽长比不同依赖关系的原因在于辐射与热载流子注入引入的陷阱电荷部位不同. 因此对两种损伤进行加固时应重点从器件设计尺寸、结构等方面综合考虑.

**关键词:** 深亚微米, 总剂量辐射, 热载流子效应

**PACS:** 61.80.Ed, 61.80.Jh, 73.40.Qv

## 1 引言

随着 VLSI(超大规模集成电路) 制造技术的迅猛发展, MOS 器件逐步进入到深亚微米及纳米领域. 尺寸缩小不仅带来了低功耗, 高速度等优点, 同时超薄的栅氧化层厚度在某些方面大幅提高了 MOS 器件的抗辐射能力<sup>[1]</sup>. 然而, 器件工艺尺寸缩小同时带来或加重了一些威胁其可靠性应用的问题<sup>[2-5]</sup>, 如文献 [3] 中针对中国国内超深亚微米器件的 HCI(热载流子)、TDDB(超薄栅氧击穿)及 NBTI(负偏置温度不稳定性)等效应. 而在这当中, 总剂量辐射与热载流子效应是导致深亚微米 NMOS 器件性能退化的重要原因: 首先, 栅氧厚度减薄, 使得一些参数, 例如阈值电压、跨导等的抗辐射水平大幅增加. 然而与辐射相关的电流泄漏仍然存在<sup>[6,7]</sup>, 并且小尺寸器件更加严重. 这会增加电流功耗, 并最终威胁电路的可靠性. 因此, 对深亚微米器件的总剂量辐射效应研究仍具有重要的

意义. 另一方面, 由于器件工作电压并未随特征尺寸等比例缩小, 使得器件内部的电场强度大幅增加, 严重影响器件的长期可靠性<sup>[8-10]</sup>. 热载流子效应便是其中之一, 它会在 Si-SiO<sub>2</sub> 界面产生界面态, 或被氧化层陷阱电荷俘获, 或者产生新的氧化层陷阱, 导致器件参数随时间退化, 最终造成器件和电路失效<sup>[11,12]</sup>, 热载流子效应已成为限制 VLSI 寿命及最大器件密度的可靠性因素之一<sup>[13]</sup>. 因此, 对总剂量与热载流子的损伤机理与加固措施研究具有重要意义.

近年来, 国内外开展了比较多的深亚微米器件的总剂量辐射或热载流子可靠性方面的研究, 包括不同偏置条件下的辐射损伤分析, STI 隔离漏电问题, 热载流子动态应力损伤, 辐射及热载流子的模拟仿真等, 例如文献 [14] 关注了栅长对深亚微米器件漏电的作用, 文献 [15,16] 对隔离层在辐射中的作用进行了研究, 文献 [17] 探讨了深亚微米器件在动态应力下的热载流子损伤, 而文献 [18] 则侧重于

† E-mail: yxf@ms.xjb.ac.cn

应变硅的热载流子效应, 等等. 然而, 这些研究大都侧重于单独的总剂量辐射或热载流子的效应描述或机理分析, 却少有对它们的损伤响应特点及二者作用机理的比较研究, 而这对于 MOS 器件的可靠性应用及综合加固具有重要意义, 因此成为本文研究的重要内容.

由于 MOS 器件的沟道宽长比 ( $W/L$ ) 是电路设计的关键参数, 通过比较研究不同宽长比器件对总剂量辐射与热载流子应力的响应特性, 可以更深入地了解辐射与热载流子不同电荷引入方式对器件性能的作用机理, 特别是与器件尺寸、结构等关系, 为二者的综合加固提供结构设计依据. 因此, 本文对不同沟道宽长比的深亚微米 NMOSFET 进行了总剂量辐射与热载流子应力的试验研究, 并对造成损伤的陷阱电荷进行了分析. 通过对深亚微米器件总剂量辐射与热载流子损伤的参数对比及分析, 得到二者的损伤响应特点、起主要作用的陷阱电荷以及它们对器件结构及尺寸的依赖关系, 本文的研究结果将为小尺寸器件的抗辐射及热载流子可靠性的综合加固提供重要的理论与数据支持.

## 2 试验

试验样品为  $0.25\ \mu\text{m}$  工艺不同尺寸的 NMOSFET, 栅氧厚度为  $5\ \text{nm}$ , 采用浅槽隔离 (STI). 按照宽长比 ( $W/L$ ) 不同分别标记为 1#—6# 器件. 其中 1#, 2#, 3# 器件均为短沟器件, 其沟道长度相同而宽度比值为  $0.3, 0.8, 2.32$ ; 3#, 4#, 5#, 6# 器件均为宽沟器件, 其沟道宽度相同而长度比值为  $0.24, 0.6, 1.2, 3$ . 对这 6 种不同尺寸的晶体管, 每种各取 6 只分别进行总剂量辐射与热载流子应力试验, 因此共有 72

只样品参试. 下文中的试验结果为反映其统一规律的典型值.

总剂量辐射试验是在新疆理化所  $^{60}\text{Co}\gamma$  射线源上进行的, 辐射总剂量为  $1500\text{Gy}(\text{Si})$ , 剂量率为  $0.51\text{Gy}(\text{Si})/\text{s}$ . 辐射偏置为 NMOS 的 ON 状态, 即  $V_G=2.5\ \text{V}, V_S=V_D=0\ \text{V}$ . 而热载流子应力条件为  $V_D=3.5\ \text{V}, V_G=1.8\ \text{V}$ , 应力时间选用对数方式施加. 使用半导体参数测试仪分别获取辐射及热载流子应力每阶段的亚阈与输出特性曲线, 并计算跨导.

## 3 结果

### 3.1 总剂量辐射试验

图 1(a), (b) 分别为尺寸最小的 1# 器件亚阈特性和输出特性随总剂量变化的曲线, 图 2 为其跨导随总剂量的变化曲线. 表 1 为不同宽长比的器件在  $1500\text{Gy}(\text{Si})$  总剂量辐射后的参数变化情况.

由表 1 可以看出, 对于 6 种不同宽长比的 NMOSFET, 总剂量辐射后最显著的参数变化均为关态泄漏电流增大, 之后是最大源漏电流 (由输出特性曲线反应) 升高, 而跨导及阈值电压的变化相对较小. 对比表 1 中 1#—3# 器件的参数, 可以看到, 沟道宽度越小参数变化越明显. 对比 3#—6# 器件的参数说明, 沟道长度越长参数变化越显著.

### 3.2 热载流子应力试验

图 3(a), (b) 分别为尺寸最小的 1# 器件亚阈特性和输出特性曲线随热载流子应力的变化关系, 图 4 为其跨导随热载流子应力的变化曲线. 表 2 为不同尺寸器件在  $10000\ \text{s}$  热载流子应力后的参数变化情况.

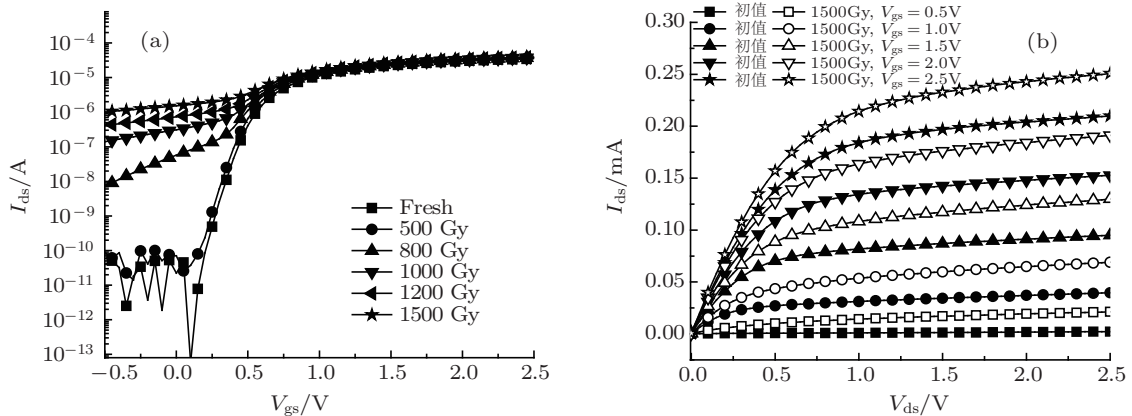


图 1 1# 器件随总剂量的变化曲线 (a) 亚阈特性; (b) 输出特性

表 1 1500Gy 总剂量辐射后器件参数变化情况

	1#	2#	3#	4#	5#	6#
栅压为 0 时的漏电流 ↑	4—5 量级	4—5 量级	4—5 量级	4—5 量级	4—5 量级	4—5 量级
最大源漏电流 ↑/%	19.5	8.2	2.2	4.4	6	10.4
最大跨导 ↑/%	3.5	1.2	-0.6	-0.6	1.4	9
最大跨导位置变化/V	-0.1	-0.1	0.05	0.05	-0.05	0.05
阈值电压 ↓/V	0.168	0.07	0.03	0.04	0.05	0.17V

由表 2 可以看出, 热载流子损伤会使跨导、源漏电流、阈值电压等参数均发生显著变化. 对比表 2 中 1#—3# 器件的参数, 可以看到, 沟道宽度越窄参数变化越明显. 对比 3#—6# 器件的参数说明, 沟道长度越短参数变化越显著. 同时, 图 3(b) 显示, 热载流子应力后器件的输出特性曲线在饱和区出现不饱和现象. 需要说明的是, 沟道长度较短的 1#, 2#, 3# 器件中都出现了该现象, 并且它们的不饱和程度与沟道宽度之间并无明显关联.

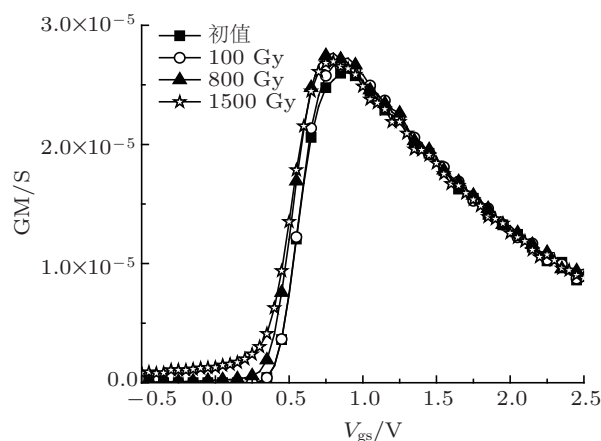


图 2 跨导随辐射总剂量的变化曲线

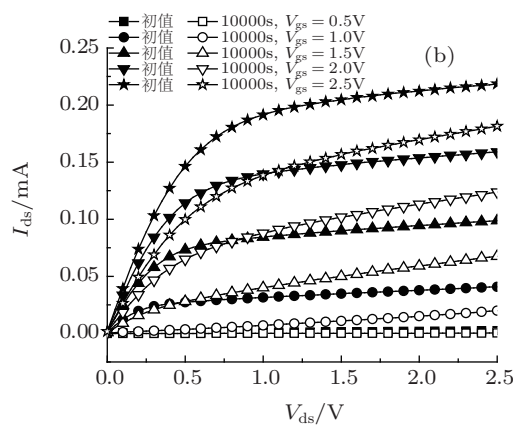
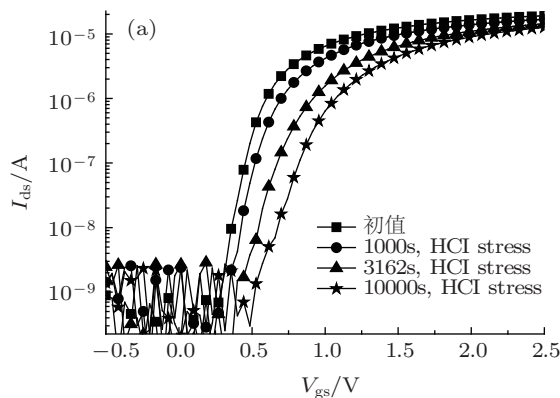


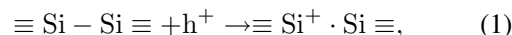
图 3 1#器件随热载流子应力的变化曲线 (a) 亚阈特性; (b) 输出特性

## 4 讨论

### 4.1 总剂量辐射效应

表 1 反应出的总剂量辐射后器件参数的一些变化, 主要是由辐射引入的氧化物陷阱电荷与界面陷阱电荷造成的. 总剂量辐射会在器件的氧化层, 包括栅氧化层与隔离氧化层中, 产生电子-空穴对. 电子与空穴的分离、传输与反应导致了氧化物陷阱电荷与界面陷阱电荷 (或称作界面态) 的形成. 其中, 氧化物陷阱电荷的最重要的缺陷源已经被证实

为  $E'$  中心, 而辐射引入空穴被氧空位俘获形成  $E'$  中心主要的反应过程为 [19]



其中  $\equiv \text{Si}$  表示一个 Si 原子和三个氧原子结合, 另外还有一些与 Si-H 相关的过程, 不过由其产生的  $E'$  极少. 界面陷阱电荷的产生则被分解为两步过程 [20,21]: 第一步过程是空穴在缓慢输运过程中参与反应释放  $H^+$ . 第二步过程是  $H^+$  缓慢输运到界面处, 与界面处的 Si-H 反应, 产生  $H^2$  与  $P_b$  陷阱中心. 界面陷阱可以是正电性的、中性的、或负

电性的,这主要取决于费米能级和陷阱能级的位置.如果费米能级位于陷阱能级之下,那么陷阱是正电性的,反之则是负电性的.一般对于 NMOSFET,氧化物陷阱电荷为正,界面陷阱电荷为负 [22].

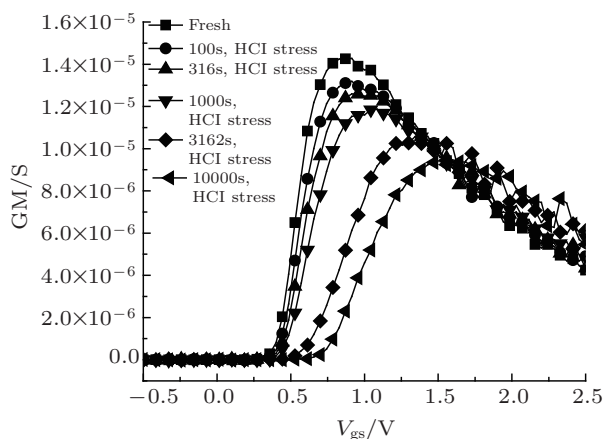


图4 跨导随热载流子应力的变化曲线

表2 10000 s 应力后器件参数变化情况

	1#	2#	3#	4#	5#	6#
最大跨导 ↓/%	33.8	26.1	28.9	1.3	≈ 0	≈ 0
最大跨导位置变化/V	0.6	0.54	0.3	0.04	0.04	0.04
最大源漏电流 ↓/%	17.0	14.4	8.5	0.3	≈ 0	≈ 0
阈值电压 ↑/V	0.84	0.59	0.25	0.01	≈ 0	≈ 0

氧化物陷阱电荷与界面陷阱电荷最终会导致 MOSFET 的跨导、阈值电压、源漏电流等参数的变化.例如,栅氧中若引入大量陷阱电荷,MOSFET 的跨导会发生大幅漂移及下降的现象.然而表 1 中显示,器件的跨导与阈值电压的变

化要远远小于关态泄漏电流及最大源漏电流的改变.分析认为这些漏电流就主要来自隔离氧化层的作用:辐照后漏电流的增长可能源于两个方面,一是栅氧引入的氧化物及界面陷阱电荷的作用,二是 STI 隔离层引入的氧化物及界面陷阱电荷的作用.图 2 中最大跨导及跨导位置的微小变化说明与栅氧相关的界面陷阱电荷及氧化物陷阱电荷并不足以造成如此大的电流变化,那么这些电流只能来自于 STI 的作用.当 NMOSFET 被辐射时,会在隔离氧化层产生大量的氧化物陷阱电荷与界面陷阱电荷,这些电荷会在沟道宽度方向的两侧、沟道与隔离区接触的部位形成反型漏电通道,如图 5 所示,从而增加源漏泄漏电流.

表 1 显示宽长比较小的器件参数变化较大,这也是源于 STI 的作用:与 LOCOS 相比,STI 隔离区与衬底的界面处更陡,如图 5 所示,拐角处的 Corner Effect(尖角效应)[6,23],使得较窄的沟道更加容易导通.当器件被辐照后,STI 区产生大量的陷阱电荷,使得 STI/衬底界面反型,窄沟器件更容易形成漏电通道,因此对于同为短沟的 1#—3#器件,沟道宽度越小参数变化越大.值得注意的是,对于窄沟器件来说,泄漏通道不仅增加了关态电流,也使开启电流显著增加,输出曲线整体升高,使阈值电压表现出较大的改变(如表 1),而宽沟器件基本不存在此现象,这个结果与文献 [24] 中是一致的.而对于同为宽沟的 3#—6#器件,随着沟道长度的增加,界面陷阱所占的比例减小,负电性的界面陷阱对正电性的氧化物陷阱电荷的中和作用也减弱,更容易形成漏电通道,因此沟道长度越长参数变化也就越明显.

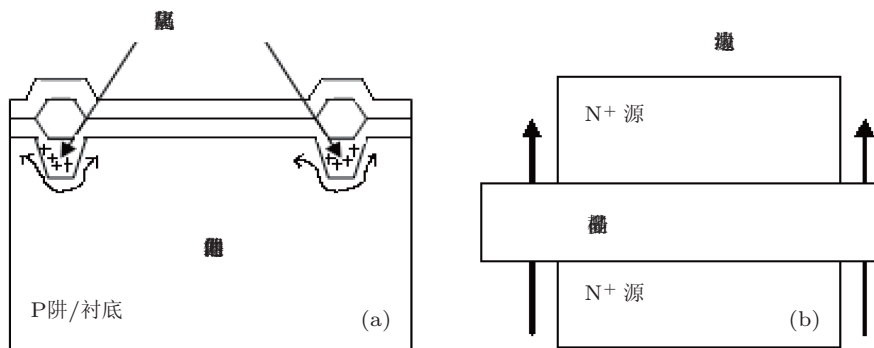


图5 STI 区域泄漏通道示意图 (a) 器件之间的漏电; (b) 边缘漏电

### 4.2 热载流子效应

表 2 反应出的热载流子应力后器件参数的变化,主要是由热载流子注入造成的.电源电压并未

随器件尺寸等比例缩小导致沟道区横向和纵向电场的显著增大,在强电场的作用下,载流子的平均动能要大于热平衡状态下的平均动能,成为“热载流子”.热载流子通过碰撞电离失去能量,并产生大



的衬底电流. 碰撞产生的载流子也可以作为热载流子, 获得足够的能量越过 Si-SiO<sub>2</sub> 势垒或者遂穿到氧化层中, 其简要过程见图 6<sup>[11]</sup>. 注入的热载流子在氧化层和界面处产生陷落电荷, 从而导致器件参数漂移, 进而影响器件的长期可靠性.

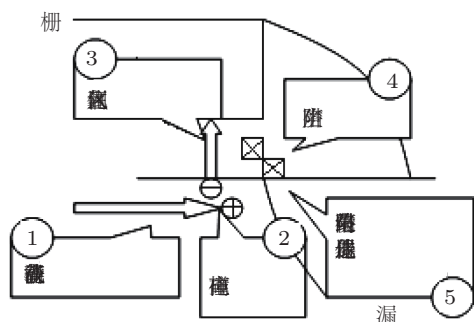


图 6 热载流子注入的基本过程

热载流子效应产生氧化物陷阱电荷与界面陷阱电荷的原理过程与总剂量中是相似的: 氧化物陷阱电荷的主要来源仍是硅原子之间键断裂并俘获空穴产生的  $E'$  中心, 见图 7(a). 界面陷阱电荷亦主要源自 Si-H 键的断裂及活性的  $P_b$  中心的产

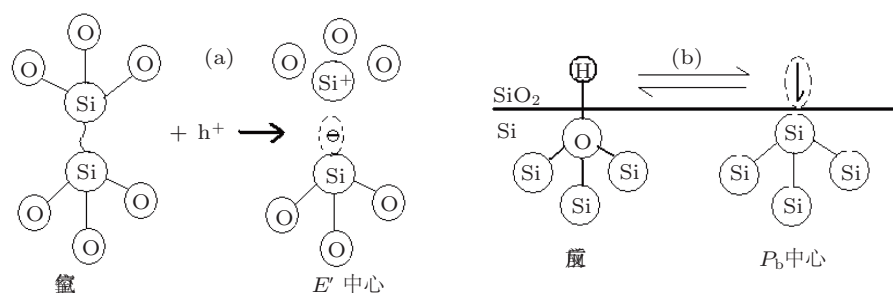


图 7 陷阱中心的形成 (a) $E'$ ; (b) $P_b$  中心

表 2 中显示沟道的宽度越小长度越短, 器件的损伤越明显, 这是因为电荷的注入与电场强度密切相关, 器件的长度与宽度减小, 加大了沟道区横向与纵向电压, 加重热载流子损伤, 因此尺寸越小的器件, 热载流子损伤越严重. 另外, 对于沟道较短的情况, 高电场在漏 pn 结耗尽区靠近漏区边界附近及沟道感应出的正负电荷会使沟道中电子数量增加<sup>[29]</sup>, 导致电阻减小, 源漏电流随源漏电压增大而增大, 因此出现了图 3(b) 中的现象.

## 5 结论

总剂量辐射与热载流子效应的损伤原理存在相似之处, 它们都是通过氧化层和界面处引入陷

生, 见图 7(b).

以往的研究表明, 热载流子效应可分为三个偏置应力区域, 临界饱和点附近 ( $V_{gs} \geq V_{ds}$ ), 饱和状态 ( $V_{gs} \approx V_{ds}/2$ ), 以及刚进入强反型区时的状态 ( $V_{gs} \approx V_{ds}/4 - V_{ds}/2$ )<sup>[25-27]</sup>. 应力区域不同会导致主要的电荷产生机理不同. 表 2 显示了热载流子损伤的最大特点是跨导降低. 这是因为在中栅压应力区, 器件工作在饱和状态, 碰撞电离率大, 产生了大量的热载流子, 使界面态的产生达到峰值, 从而造成了器件跨导的大幅度下降. 如图 4 所示, 跨导变化有两个特点, 最大跨导降低及跨导曲线整体正向漂移, 它们分别源于界面态与氧化物电荷的作用. 通过电荷分离方法<sup>[28]</sup>从图 3(a) 可以了解缺陷电荷的形成, 随着应力时间增加, 亚阈曲线斜率逐渐减小, 表明了大量界面态生成, 而亚阈曲线的整体正向移动表明了氧化物中负电荷的生成. 图 3 中所示的器件正常的亚阈与输出曲线均发生大幅移动, 而关态泄漏电流基本未发生改变, 说明了造成参数退化的主要原因来自对晶体管正常特性起作用的栅氧而非隔离氧化层的作用.

阱电荷而使器件参数发生退化的, 然而, 它们的损伤表现形式却大不相同: 总剂量辐射最主要的参数变化来自关态泄漏电流的大幅增长及电流曲线抬高, 这会增加电路功耗; 而热载流子损伤的主要表现是跨导降低, 阈值电压增大及电流曲线下降, 降低电路驱动能力. 造成二者不同损伤形式的原因在于起决定作用的陷阱电荷位置不同: 总剂量辐射在 STI 隔离氧化层中引入了大量的氧化物及界面陷阱电荷, 形成的漏电通道增加了关态泄漏电流, 需要特别注意的是窄沟器件的开启状态的电流也会随着增大, 并造成阈值电压漂移; 热载流子在栅氧及其界面形成的氧化物及界面陷阱电荷大大改变了器件的亚阈及输出曲线, 并降低了跨导. 这也间接造成了总剂量辐射与热载流子损伤对沟道

长比的不同依赖关系: 沟道宽度越小、长度越宽大(宽长比较小)的器件在辐射中更容易形成漏电通道, 造成关态泄漏电流及输出特性曲线升高; 而沟道宽度与长度均较小(尺寸较小)的器件内部有较大的电场, 更容易产生热载流子损伤, 并且长度较短的器件输出特性曲线在饱和区出现不饱和的现象.

随着栅氧厚度的减薄, STI 隔离氧化层在总剂量辐射中的作用越来越显著, 然而栅氧化层在热载流子损伤中的作用也是不容忽视的. 并且, 总剂量辐射与热载流子损伤对器件的宽长比有不同的依赖关系. 因此, 对二者进行加固时, 应重点从器件设计尺寸、结构等方面加以综合考虑.

- [1] Jeremy D. Popp 2010 *IEEE Nuclear and Space Radiation Effects Conference Short Course Notebook* Denver, CO, July 19, 2010, II-4
- [2] Federico Faccio, Giovanni Cervelli 2005 *IEEE Trans. Nucl. Sci.* **52** 2413
- [3] Kong Xuedong, Huang Yun, Yang Shaohua 2009 *IEEE Proceedings of 16<sup>th</sup> IPFA Suzhou* 6—10 July 2009 1—6
- [4] Li Zhong-He, Liu Hong-Xia, Hao Yue 2006 *Acta Phys. Sin.* **55** 820(in Chinese)[李忠贺, 刘红侠, 郝跃 2006 物理学报 **55** 820]
- [5] Liu H X, Fang J P, Hao Y 2001 *Acta Phys. Sin.* **50** 1172(in Chinese)[刘红侠, 方建平, 郝跃 2001 物理学报 **50** 1172]
- [6] Brady F T, Maimon J D, Hurt M J 1999 *IEEE Trans. Nucl. Sci.* **46** 1836
- [7] He B P, Ding L L, Yao Z B, Xiao Z G, Huang S Y, Wang Z J 2011 *Acta Phys. Sin.* **60** 056105 (in Chinese)[何宝平, 丁李利, 姚志斌, 肖志刚, 黄绍燕, 王祖军 2011 物理学报 **60** 056105]
- [8] Hao Y, Liu H X 2008 *Reliability and invalidation mechanisms of micro-nano MOS device* (Beijing: Science Press) p42, p148, p209(in Chinese)[郝跃, 刘红侠 2008 微纳米 MOS 器件可靠性与失效机理(北京: 科学出版社) 第 42, 148, 209 页]
- [9] Hou Z G, Xu X X, Zhang X M, Yu Y X, Li H J 2005 *Reliability Analysis and Research-Quality Engineering* **12** 39(in Chinese) [侯志刚, 许新新, 张宪敏, 于英霞, 李惠军 2005 可靠性分析与研究 - 质量工程卷 **12** 39]
- [10] Liu Y A, Du L, Bao J L 2008 *Acta Phys. Sin.* **57** 2468(in Chinese)[刘宇安, 杜磊, 包军林 2008 物理学报 **57** 2468]
- [11] Pagey M P 2003 *Ph.D.* (Tennessee: Vanderbilt University)
- [12] Yu X F, Ren D Y, Erken, Zhang G Q, Lu W, Guo Q 2005 *Journal of Semiconductors* **26** 1975(in Chinese) [余学峰, 任迪远, 艾尔肯, 张国强, 陆旻, 郭旗 2005 半导体学报 **26** 1975]
- [13] Zhang W D, Hao Y, Tang Y S 1999 *Acta Electronica Sinica* **27** 76(in Chinese) [张卫东, 郝跃, 汤玉生 1999 电子学报 **27** 76]
- [14] Liu Z L, Hu Z Y, Zhang Z X, Shao H, Chen M, Bi D W, Ning B X, Zou S C 2011 *Journal of Semiconductors* **32** 064004(in Chinese)[刘张李, 胡志远, 张正选, 邵华, 陈明, 毕大炜, 宁冰旭, 邹世昌 2011 半导体学报 **32** 064004]
- [15] Hu Z Y, Liu Z L, Shao H, Zhang Z X, Ning B X, Chen M, Bi D W, Zou S C 2011 *IEEE Trans. Nucl. Sci.* **58** 1332
- [16] Goiffon V, Magnan P, Saint-pé O, Bernard F, Rolland G 2008 *IEEE Trans. Nucl. Sci.* **55** 3494
- [17] Ma X H, Cao Y R, Hao Y, Zhang Y 2011 *Chin. Phys. B* **20** 037305
- [18] Chen Q 2011 *MS dissertation* (Xi'an: Xidian University)(in Chinese)[陈庆 2011 硕士论文(西安: 西安电子科技大学)]
- [19] Lenahan P M, Dressendorfer P V 1984 *J. Appl. Phys.* **55** 3495
- [20] Brower K L 1988 *Phys. Rev. B* **38** 9657
- [21] Zheng Y Z 2010 *Ph.D. Dissertation* (Urumqi: The Xinjiang Technical Institute of Physics & Chemistry, CAS)(in Chinese) [郑玉展 2010 博士论文(乌鲁木齐: 中国科学院新疆理化技术研究所)]
- [22] Schwank J R, Shaneyfelt M R, Fleetwood D M 2008 *IEEE Trans. Nucl. Sci.* **55** 1836, 1841
- [23] Wang W H 2009 *MS Dissertation* (Beijing: Peaking University)(in Chinese) [王文华 2009 硕士论文(北京: 北京大学)]
- [24] Liu Z L, Hu Z Y, Zhang Z X, Shao H, Ning B X, Bi D W, Chen M, Zou S C 2011 *Chin. Phys. Lett.* **28** 070701(in Chinese) [刘张李, 胡志远, 张正选, 邵华, 宁冰旭, 毕大炜, 陈明, 邹世昌 2011 中国物理快报 **28** 070701]
- [25] Hereman P, Witters J, Groeseneken G, Maes H E 1988 *IEEE Trans. Electron Devices* **36** 1318
- [26] Hu C, Tam S, Hsu F C, Ko P K, Chan T Y, Terrill K W 1985 *IEEE Trans. Electron Devices* **33** 375
- [27] Dolye B S, Bourcier M, Bergonzoni C, Benecchi R, Bravis A, Mistry K R 1990 *IEEE Trans. Electron Devices* **37** 1869
- [28] Winokur P S, Schwank J R, McWhorter P J, Dressendorfer P V, Turpin D C 1984 *IEEE Trans. Nucl. Sci.* **NS-31** 1453
- [29] Cao P D 2001 *Basic of Microelectronics Technology-Principle of Bipolar and MOS Transistors* (Beijing: Publishing House of Electronics Industry) p243—p244(in Chinese)[曹培栋 2001 微电子技术基础 - 双极、场效应晶体管原理(北京: 电子工业出版社) 第 243—244 页]

# The influence of channel size on total dose irradiation and hot-carrier effects of sub-micro NMOSFET

Cui Jiang-Wei<sup>1)2)3)</sup> Yu Xue-Feng<sup>1)2)†</sup> Ren Di-Yuan<sup>1)2)</sup> Lu Jian<sup>1)2)3)</sup>

1) (*The Xinjiang Technical Institute of Physics & Chemistry, CAS, Urumqi 830011, China*)

2) (*Xinjiang Key Laboratory of Electric Information Materials and Devices, Urumqi 830011, China*)

3) (*Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*)

(Received 7 July 2011; revised manuscript received 19 August 2011)

## Abstract

Total dose irradiation and the hot-carrier damages are two of the important factors for the application of sub-micro and even smaller MOS devices. Therefore, how to prevent the device from being damaged attracts much attention. Total dose irradiation and hot-carrier effects of sub-micro NMOSFET with various channel sizes are studied. Electronic parameters are measured and the results show that though the principles of damages are somewhat similar, the total dose irradiation and the damage behavior and their dependences on the width-to-length( $W/L$ ) ratio of channel size for these two effects are different. The most notable damage of radiation lies in the great increase of the off-state leakage current, and the damage increases with  $W/L$  reducing. While for hot-carrier effect, several parameters such as trans-conductance change a lot, except for the off-state leakage current. And the damage increases as channel length and channel width decrease. The different damage behaviors and different relations to channel size are attributed to the different location of charges induced. Therefore, different aspects should be considered when the device is hardened against these two effects.

**Keywords:** sub-micro, total dose irradiation, hot-carrier effect

**PACS:** 61.80.Ed, 61.80.Jh, 73.40.Qv

---

† E-mail: yxf@ms.xjb.ac.cn