

集成电路辐射改性的研究

符俊吾 赵达夫

(湖南省原子能农业应用研究所, 长沙)

邓荣忠 童舜涛

(国营韶光微电子总公司集成电路厂, 长沙)

摘要 采用 ^{60}Co γ 射线辐照对集成电路进行改性研究, 通过试验, 结果表明, 集成电路经过辐照可以达到改善参数, 提高元件的合格率。与美国 Rikitts 研究相吻合。

关键词 辐射, 集成电路, 参数变化

电子器件应用于核辐射领域以及核辐射对电子器件作用的研究, 是一个重要课题。美国 Rikitts 总结过这方面的大量工作, 认为辐照集成电路的极限剂量为 $10\text{ kGy}^{[1]}$ 。中国科学院半导体研究所研制有抗辐射 SOS—CMOS 集成电路, 弥补了体硅 CA10S 集成电路抗辐射能力受结构限制的缺点, 并且根除了体硅 CMOS 集成电路中存在的锁定效应。本文对辐射集成电路改性进行了探索。

1. 实验

(1) 本实验使用的是国营韶光微电子总公司集成电路厂提供的集成电路, 在湖南省辐射中心 ^{60}Co 源中进行辐射试验。(2) 测试由韶光集成电路厂测试试样各参数。

2. 实验结果

(1) 集成电路直流参数与辐射剂量的关系

Tab 1. The difference of the direct current of the scaled figure integrated before and after radiation

Type	Measuring item	Dose(kGy)				
		0.0425	0.425	0.85	4.25	8.5
T 066	$I_{IH}(\mu\text{A})$	-0.3281	0.1719			-1.8906
	$I_I(\text{mA})$	-0.0009	constant	-0.0019		-0.0026
	$I_{cc}(\text{mA})$	constant	constant	-0.05	constant	-0.1
T 093	$I_{IH}(\mu\text{A})$		-0.1563		-0.375	-1.1563
	$I_I(\text{mA})$	+0.0229	+0.0007		-0.0004	-0.0025
	$I_{cc}(\text{mA})$	constant	-0.026	-0.0025	-0.05	-0.1
T 097	$I_{IH}(\mu\text{A})$	-0.1250	-0.7500	-3.25		-12.5
	$I_I(\text{mA})$	constant	+0.0005	-0.0025	-0.043	-0.0289
	$I_{cc}(\text{mA})$	constant (170 kGy)	constant (255 kGy)	-0.05	-0.1	-0.2
SG 7485	$I_{IH}(\mu\text{A})$	-4.3163	-0.3526			
	$I_I(\text{mA})$	-0.0063	+0.0005			
	$I_{cc}(\text{mA})$	-4	-4.2			

Tab 2. The relationship between the radiation dose and altering current of the middle-scaled figure integrated circuits SG7485 (Dose 8.5 kGy)

Parameter	From the input	To the output	Standar- dized value	Measuring before irradiation (ns)		Measuring after irradiating (ns)			Accelerate (ns)		
tPLH	A<B	A>B	11 17	6×8, 12×1	7×2 14×6	16×2	6×10 10×1	13×4	14×4	1×2 1×5	2×2
tpLH	A>B	A<B	11 17	6×1 12×2 16×2	7×1 13×2	8×8 14×4	6×6 12×4	7×3 14×4	8×1 13×2	1×2 2×4	2×5
tpLH	A>B	A<B	26 30	14×6 14×2	16×4	18×4	12×1 16×2 14×4 18×1	13×2 16×4	14×5 17×1	1×1 1×1	3×1 4×1
tpHL	A=B	A>B	11 17	6×9 15×1	8×1 16×7	18×2	6×10 14×5 17×1	15×2 16×1	16×1	2×1 1×1	2×5
tpHL	A>B	A>B	26 30	13×3 26×1 20×7	14×4	24×2 24×1	12×6 16×1 18×3	13×1 19×1 21×1	14×2 20×4	1×3 1×3	2×3 2×4
tpHL	A>B	A=B	35 30	24×4 30×2 12×7	26×1	28×3 14×2	24×5 30×1 12×2	27×1 27×1 13×2	28×3 14×4	2×1 -1×1	3×1 -2×1
fmax	A=B	A=B	20 17	22×2 26×1 6×10	23×3 28×1	24×3	22×6 6×10	24×3	27×1	1×4	2×2 4×1
fmax	A>B	A=B	35 30	24×5 30×1 14×8	26×1	28×3	24×5 29×1 12×2	29×2 29×1 14×6	28×2 15×1	2×1 1×1	1×1 2×1
I ₀	A=B	A<B	11 17	8×10 10×2 18×4	11×2	12×6 22×2	6×4 11×1 17×2	8×4 12×7 18×4	7×2 14×2 20×2	1×2 -1×3 5×1	2×4 -2×2 3×1
I ₀	A>B	A<B	26 30	20×2 24×2 30×5	22×5	23×1 24×1 32×1	20×5 24×1 28×2	21×3 22×1 29×1	22×1 22×1 30×2	1×2 1×2	2×5 2×2
I ₀	A>B	A=B	35 30	35×1 18×7	20×3	34×3	31×1 16×3 20×2	34×3 17×1	32×1 18×4	2×3	3×1

高电平输入电流的大小是衡量集成电路合格率的主要参数, 高电平输入电流愈大, 其集成电路的合格率就愈低。经初步研究, 以 8.5 kGy 剂量辐射 T 097 集成电路试样, 能明显降低高电平输入电流平均达 12.5 μ A, 改善了电路参数, 提高和改善了电路的灵敏度及电路的寿命, 从而能延长器件的使用期^[2], 结果见表 1。

(2) 集成电路交流参数与辐射剂量的关系

用 8.5 kGy 剂量辐照 SG 7485 芯片, 发现辐射对其开关特性有加速作用。如 tpLH 从输入 A>B 到输出 A<B 时, 辐照前 14ns×2, 16ns×4, 18ns×4; 辐照后 14ns×4, 16ns×4, 17ns×1, 18ns×1。加速 1ns×1, 4ns×1。又如 tpHL 从输入 A>B 到输出 A>B, 辐照前 13ns×3, 14ns×4, 24ns×2, 26ns×1; 辐照后 12ns×6, 13ns×1, 14ns×2, 16ns×1。加速 1ns×3, 2ns×2, 10ns×3。

170 kGy 剂量辐照 SG₇₄₈₅, 亦有同样作用。如 tpLH $\lambda \pm A=B$ 差值为 -18.8 ns(见表 2、3)。

Tab 3. The relationship between the radiation dose and altering current of the middle-scaled figure integrated circuits SG₇₄₈₅

Dose (kGy)	Treatment number	Parameter	$\pm A < B$ A > B Difference	$\pm A = B$ A > B Difference	$\pm A = B$ A = B Difference	$\pm A > B$ A < B Difference	$\lambda A > B$ Difference	$\lambda A = B$ Difference	$3 V \lambda \pm$ A < B Difference	$\pm \lambda A < B$ Difference	$3 V \lambda \pm$ A > B Difference
170	5	tpLH	+0.8	+1	constant	+0.6	-7.4	-18.8	-0.9	+1.9	-0.6
	5	tpHL	-1.4	-2.0	+0.2	-1.8	-10.2	-3.7	-1.35	-0.8	-1.2
255	5	tpLH	+1.6	-1.4	+1	+1.8	-9.9		+0.6	+2.4	-1.4
	5	tpHL	-1.8	-1.6	constant	-2.2	-9.2		-1.6	-0.6	-2.8

$\pm A = B$ $A < B$ 辐照前未测, 辐照处理后测试。

(3) 线性集成电路 Z_{07} 的 β 值增益与辐射剂量的关系。集成电路 Z_{07} , 用 8.5 kGy 剂量处理能增加其 β 值增益, 由 20 到 40。

3. 结论

通过试验, 集成电路辐射改性结果如下:

(1) 压低了高电平输入电流。用 8.5 kGy 辐照处理小规模集成电路 T 097 可明显的降低高低电平输入电流 I_{iH} 平均达 12.5 μA 。

(2) 辐照处理 SG₇₄₈₅ 集成电路的性能改变有重现性。

(3) 辐照线性集成电路 Z_{07} , β 值增益由 20 到 40。

(4) 高温条件下用辐照法可解决分频问题, 集成电路 T_{210} 在高温下 (80℃) 不能分频。而通过用 85 kGy 辐照 10 个集成电路有一个分频。这有待进一步试验研究。

(5) 韶光微电子总公司集成电路厂生产的集成电路由于采用双层钝化工艺, 因而抗辐射性良好。美国 Rikitts 研究集成电路极限剂量仅为 10 kGy, 而本研究最高剂量达 255 kGy 时仍有辐射效果, 超过 Rikitts 研究的极限剂量达 25.5 倍。因此, 使用 γ 射线适当剂量辐照处理, 不会造成元器件的明显损伤, 为核辐射技术应用于集成电路生产提供了基础。

本项研究承韶光微电子总公司技术科田蕴珍同志和集成电路厂王爱连、胡蓉、朱燕南三同志参加了测试工作, 特此致谢。

参 考 文 献

- 1 美国 Rikitts L W 著. 电子器件核加固基础. 国防工业出版社, 1978
- 2 符俊吾, 赵达夫, 童舜涛, 陈跃军, 田蕴珍. 同位素, 1990, 2:135

(稿件收到日期: 1990 年 6 月 25 日)

THE RESEARCH OF RADIATION MODIFICATION OF INTEGRATED CIRCUIT

Fu Junwu Zhao Dafu

(Hunan Institute for Application of Atomic Energy in Agriculture, Changsha)

Deng Rongzhong Tong Shuntao

(The Integrate Circuit Works of Shaoguang Microelectronic Corporation, Changsha)

ABSTRACT The properties of integrate circuit can be changed by ^{60}Co γ radiation. The results show that the parameter can be improved and the passing rate of element can be prompted.

KEYWORDS Radiation, Integrate circuit, Parameter changing