

DA 器件的瞬态效应研究

陈莉明, 范 隆, 岳素格, 郑宏超, 董 攀, 马建华, 杜守刚
(北京微电子技术研究所, 北京 100076)

摘 要: 主要对国内某款抗辐射加固 DA 器件进行了单粒子瞬态效应的试验研究. 被测器件在加速器上采用不同的粒子进行辐照, 同时在真空罐外利用一款高速示波器对 DA 器件的输出端进行监测, 一旦发现瞬态脉冲即捕获并保存. 试验发现随着辐照粒子 LET 的升高, DA 器件的瞬态效应越明显, 发生的次数也越多, 产生的瞬态脉冲的脉宽也不断增大.

关键词: DA; 示波器; 单粒子瞬态; 脉宽

中图分类号: TP302.8

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2013)06-0105-04

Research on Single Event Transient of Digital to Analog Converter

CHEN Li-ming, FAN Long, YUE Su-ge, ZHENG Hong-chao,
DONG Pan, MA Jian-hua, DU Shou-gang

(Beijing Microelectronics Technology Institute, Beijing 100076, China)

Abstract: This paper mainly studies single event transient (SET) of a digital to analog converter produced in China. The tested device in the paper was irradiated with different particles, and the output of the DUT was connected to an oscilloscope. If a SET occurs, the oscilloscope would capture it and save its data. The test results show that with increasing LET of particles, the SET is more obvious, the times of SET is larger and the pulse width of SET becomes wider.

Key words: DA; Oscilloscope; SET; Pulse width

1 引言

抗辐射加固的数模转换器件产生的单粒子效应主要有单粒子门锁(SEL)效应和单粒子瞬态(SET)效应. 本文主要研究的是 DA 器件的单粒子瞬态效应. DA 器件瞬态效应的研究主要是监测 DA 器件的输出, 其产生的主要原因是粒子轰击使得器件内部产生脉冲, 当器件的工作时钟刚好捕捉到该脉冲时就会使器件的输出产生一个上升或者下降的脉冲^[1-2]. 因此, 研究 DA 器件的单粒子瞬态效应是十分重要的. 本文以国内某款辐射加固的 DA 器件作为研究对象, 研究 DA 器件的单粒子瞬态效应.

2 单粒子试验装置

2.1 试验电路板

对 DA 器件进行单粒子试验的电路板原理图如

图 1 所示.

试验过程中被测器件输入信号要求: VDD1 接器件最高工作电压 3.47 V, VDD2 接器件最高工作电压 2.63 V, GND 接 0.0 V; FIN+, FIN- 分别接 2.5 V 或 0.0 V 的固定电平; 时钟管脚 5, 6 分别接频率 $F_{clk} = 400 \times (1 \pm 5\%) \text{ MHz}$ 、中心电平为 $\geq 1.00 \text{ V}$ 、幅度为 $\geq 500 \text{ mV}$ 的差分信号. 在整个试验过程中被测器件的输入是固定的, 其 OUTA 输出电压为 340 mV.

2.2 单粒子瞬态监测系统

单粒子瞬态监测系统连接示意图如图 2 所示, 主要由试验电路板、RS232 串口、电源模块、多用表、路由器、程控电源、信号发生器、示波器和两台 PC 机组成. 其中试验电路板上被测器件的中心到周围电气元件的距离为 3 cm, 大于束斑的半径大小.

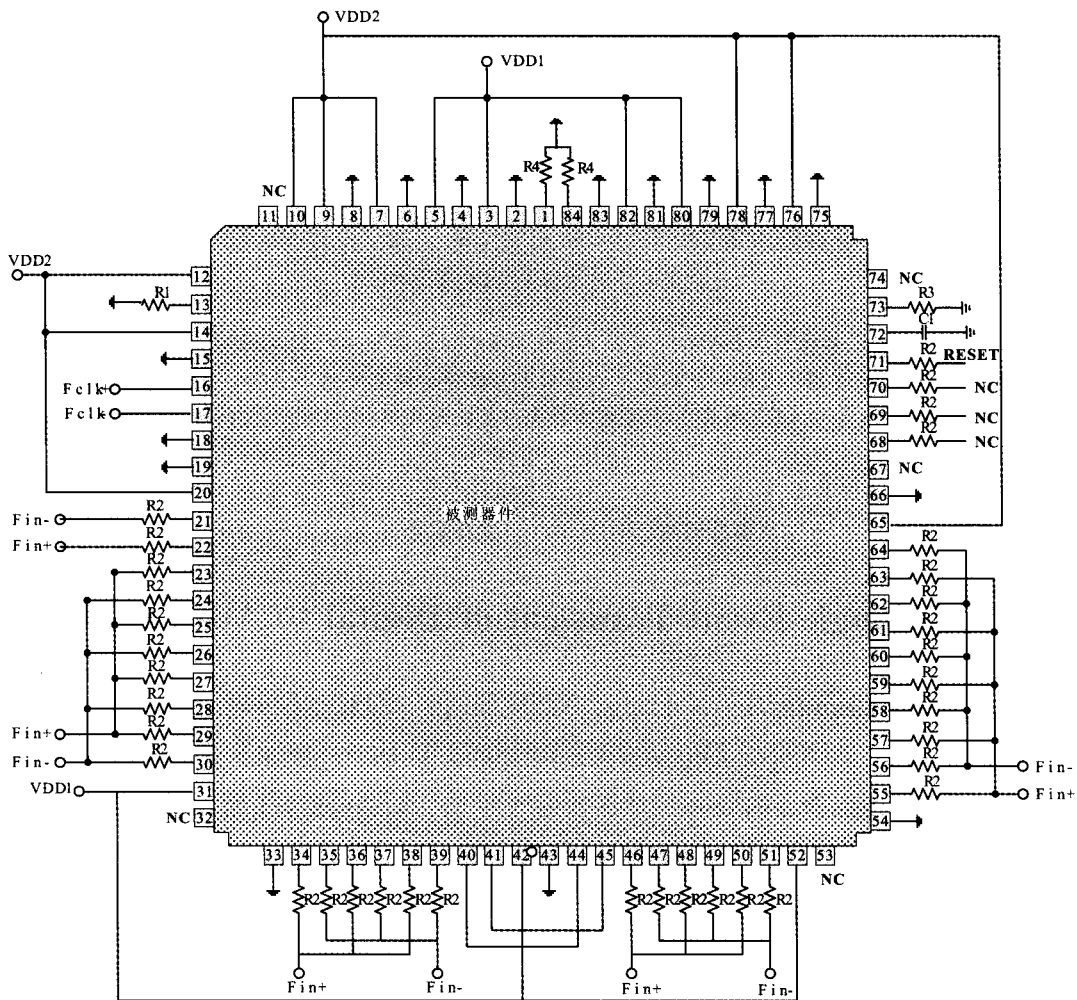


图1 单粒子试验电路板原理图

被测器件的电源通过接口由外部电源直供,与辐照试验电路板的其他芯片供电完全分离,其他芯片由电源模块供电;电流通过多用表来测量;被测器件的输入信号由试验电路板固定给出;被测器件的工作时钟由信号发生器提供,频率大小为 400 MHz;在被测器件的输出端连接具有高采样率的示波器进行器件瞬态信号的捕获;试验电路板通过法兰盘与真空室外的电源控制器以及 PC1 连接;程控电源、多用表、路由器、信号发生器通过网线与 PC1 相连;PC1 控制电源设备、多用表、电源控制器和试验电路板以及接受试验电路板传送进来的信息;PC2 通过网线与试验室内的 PC1 和示波器相连并远程控制 PC1 和示波器;电源控制模块通过 USB 数据线与 PC1 连接。

在试验过程中,示波器的触发阈值是要根据试验现场进行不断调整的,因为在不同的试验环境中,DA 器件输出到示波器上的噪声大小是不一样的。

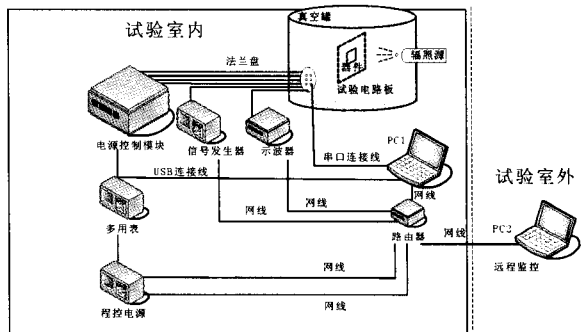


图2 单粒子瞬态监测系统

3 试验结果

在中国原子能科学研究院核物理研究所的 HI-13 串行加速器和兰州近代物理研究所的回旋加速器上开展了 DA 器件的单粒子瞬态试验。在不同 LET 的粒子轰击下,DA 器件产生的瞬态脉冲幅值和脉冲宽度是不同的。图 3 至图 7 为不同粒子轰击下器件产生的瞬态脉冲的波形图。从图中可以看出

在粒子轰击下,DA 器件产生的瞬态脉冲会伴有振铃,且随着粒子能量的增加振铃持续的时间会越长.

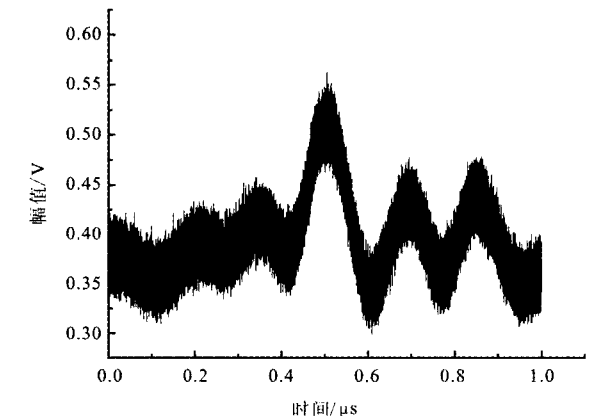


图 3 Al 粒子轰击下产生的脉冲

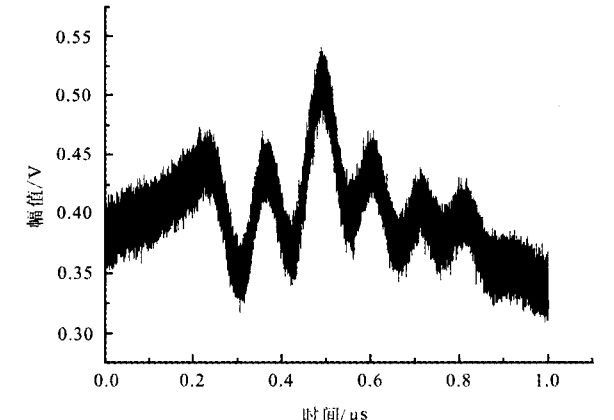


图 4 Ti 粒子轰击下产生的脉冲

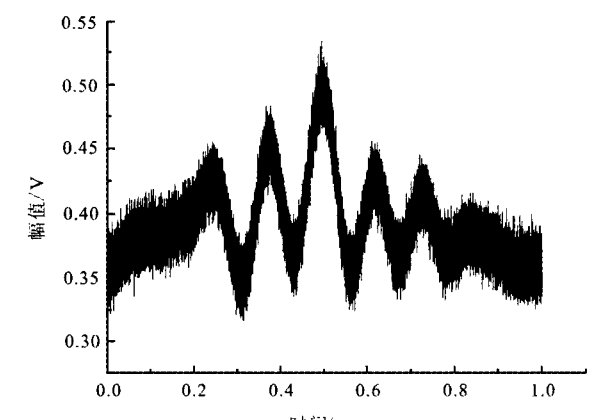


图 5 Ge 粒子轰击下产生的脉冲

根据捕获到的瞬态脉冲取得不同粒子辐照下瞬态脉冲的平均脉宽和平均幅值,结果如表 1 所示.

从表 1 可以看出,随之粒子 LET 值的增加,DA 器件产生的瞬态脉冲的脉冲宽度不断增加.这是由于随着粒子 LET 值的增加,粒子轰击器件后在器件内的能量沉积增多引起的.

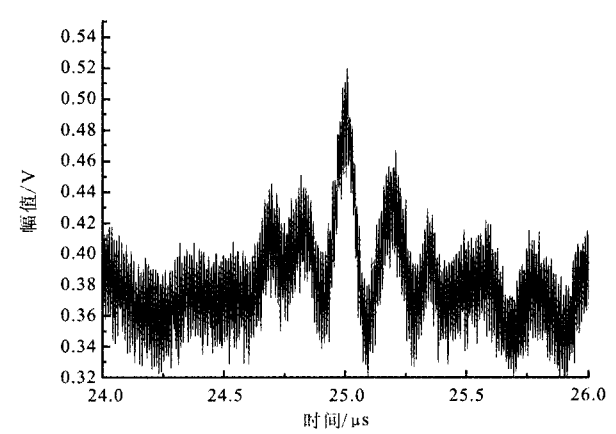


图 6 As 粒子轰击下产生的脉冲

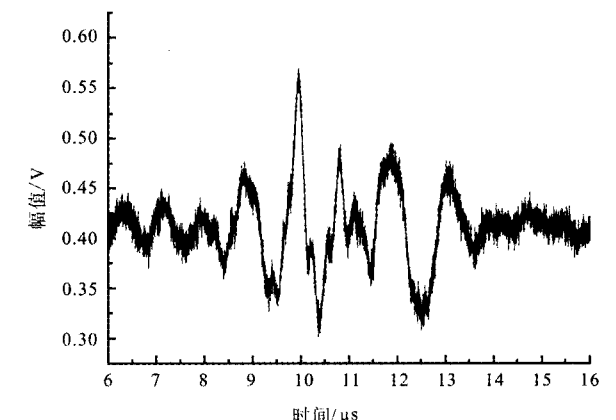


图 7 Bi 粒子轰击下产生的脉冲

表 1 DA 器件的单粒子瞬态试验结果

Ions	Energy/ MeV	Range/ μm	LET/ ($\text{MeV} \cdot$ cm^2/mg)	Pulse Width/ ns	幅值/ mV
Al	100	40	9.31	86	548.4
Ti	160	34.9	21.8	88.9	534.7
Ge	210	30.5	37.3	90.6	530.2
As	215	30.7	38.5	95.2	512.8
Bi	385	30.3	90.1	200	574.1

表 2 DA 器件的单粒子瞬态试验结果

Ions	Energy/ MeV	Range/ μm	LET/ ($\text{MeV} \cdot$ cm^2/mg)	SET-Cross-Section/ cm^2
Al	100	40	9.31	9.80E-07
Ti	160	34.9	21.8	1.24E-05
Ge	210	30.5	37.3	1.60E-05
As	215	30.7	38.5	2.14E-05
Bi	385	30.3	90.1	1.39E-04

从表 2 看出,随着粒子 LET 值的增大,DA 器件产生的瞬态脉冲个数也增加.根据所得数据绘制粒子 LET 值与瞬态截面之间的关系曲线见图 8.

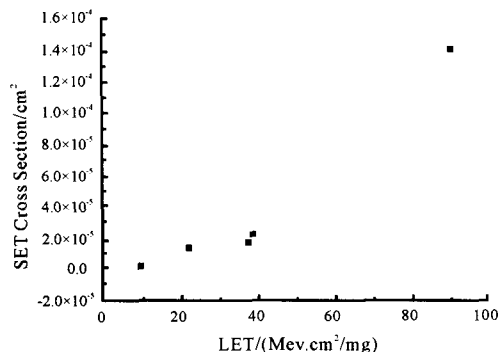


图8 粒子 LET 值与 SET 截面之间的关系曲线

4 结束语

根据试验结果分析可知,DA 器件在粒子轰击下会产生瞬态脉冲,瞬态脉冲主要有以下几个特点:

①随着粒子 LET 值越大,瞬态脉冲产生的个数越大;

②随着粒子 LET 值越大,瞬态脉冲的脉宽越大;

③随着粒子 LET 值越大,瞬态脉冲伴有的振铃持续时间越长。

由 DA 器件产生的单粒子瞬态脉冲的特点可知,随着粒子 LET 值的增加,DA 器件的工作性能会受到影响,其输出稳定性会变差,进而降低 DA 器件的转换精度。

此外,单粒子瞬态脉冲是造成单粒子翻转和单粒子闩锁的根本原因^[3]。随着粒子 LET 值的增加,DA 器件对单粒子翻转和单粒子闩锁的敏感性增加。因此,在设计 DA 等模数混合电路时,需要充分考虑单粒子瞬态脉冲造成的影响。

在以后分析研究中,可以通过电流注入仿真的方法来研究 DA 器件瞬态脉冲的机理及结果。

参考文献:

- [1] Kirby Kruckmeyer, James S Prater, Bill Brown, et al. Single event transient response dependence on operating conditions for a digital to analog converter [J]. IEEE Transactions on Nuclear Science, 2009, 56(6): 3567-3572.
- [2] Buchner S, McMorow D. Single-event transients in bipolarlinear integrated circuits [J]. IEEE Trans Nucl Sci, 2006, 53(6):3079-3102.
- [3] Titus JL ,Gehlhausen M A, Desko J C. et al. Characterization of a fully resonant, 1—MHZ, 25—Watt, DC/DC converter fabricated in a rad-hard BiC-MOWHigh-voltage processt [J]. IEEE Transactions On Nuclear Science,1995,42(6):2143-2149.
- [4] Matthew J Gadlage, Pascale Gouker, Bharat L Bhuvu, et al. Heavy-ion-induced digital single event transients in a 180 nm fully depleted SOI process [J]. Ieee Transactions Onnuclear, Science, 2009, 56(6): 3483-3488.

作者简介:

陈莉明 女,(1985—),工程师.研究方向为抗辐照加固验证技术、嵌入式测试系统。

范 隆 男,(1967—),研究员,硕士研究生导师.研究方向为抗辐照加固验证和实验技术。

岳素格 女,(1969—),研究员,硕士研究生导师.研究方向为抗辐照加固设计和验证技术。

董 攀 男,(1986—),工程师.研究方向为抗辐照加固验证技术、嵌入式测试系统。

郑宏超 男,(1983—),工程师.研究方向为抗辐照加固验证技术、嵌入式测试系统。

马建华 男,(1985—),工程师.研究方向为抗辐照加固验证技术、嵌入式测试系统。

杜守刚 男,(1969—),工程师.研究方向为抗辐照加固验证技术、嵌入式测试系统。