

## 고준위 감마방사선 환경에서의 원격계측을 통한 74AC04 의 내방사선 영향평가 및 분석

오승찬\*, 이현진\*, 이남호\*, 이흥호\*\*  
 한국원자력연구원\*, 충남대학교\*\*

### A high energy radiation evaluation test of the 74AC04 Hex Inverter

Seung-chan Oh\*, Lee Hyun Jin\*, Nam-Ho Lee\*\*, Heung-Ho Lee\*\*\*  
 Korea Atomic Energy Research Institute\*, Chungnam University\*\*

**Abstract** - 본 논문에서는 핵폭발과 같은 고준위방사선환경에서의 전자부품소자의 피해평가분석을 통하여 운용전자장비의 내방사선화를 하기 위한 기반기술의 확립을 위한 연구의 일환으로 74AC04(Inverter) IC 에 대한 고준위감마선조사시험을 통하여 Co-60 Gamma-ray 선원을 사용하여 총 400Krad[si] 누적 선량에 대한 74AC04 소자의 동작특성 및 전기적 파라메터의 변화분석을 진행하였다. 시험평가 방법 및 절차는 MIL-STD-883G 1019.7[1] 및 ESA/SCC Basic Specification No.22900[2] 절차를 기준으로 하여 동일 lot에 대한 5개의 샘플을 이용하여 동작특성에 영향을 미치는 주요한 전기적 파라메터인 정지소비전류, 입력누설전류,  $V_{IL}$ (Maximum Low Level Input Voltage)에 대한 변화추이를 분석하였다. 이번 조사시험을 통하여 입력게이트에서의 누적선량에 따른 TID(Total Ionizing Dose) 효과로 인한  $V_{IL}$ 의 감소 추이를 확인할 수 있었으며 총 누적선량 160Krad 이상에서의  $V_{IL}$ 은 허용기준치 이하로 감소하였고 정지소비전류의 경우 누적선량에 따른 점진적 증가 현상과 200Krad부근에서의 설계스펙허용치를 초과하는 결과를 확인하였다.

#### 1. 서 론

74AC04 Inverter IC에 대한 고준위 방사선환경에서의 TID(Total Ionizing Dose)영향평가시험은 핵폭발과 같은 고에너지의 방사선환경에서의 운용전자부품소자에 대한 내방사선 레벨 및 누적선량에 따른 피해평가에 대한 연구의 일환으로 기본소자로 구성된 74AC04(Inverter)에 대하여 동작특성 및 전기적 파라메터의 변화 추이를 분석함으로써 방사선이 전자소자에 미치는 영향 분석 및 방사선레벨에 대한 기초자료로 활용하기 위한 목적으로 진행하였다. 본 시험은 Co-60 Gamma-ray 선원을 이용하여 32Krad[si]/h~200Krad[si]/h의 선량을 내에서의 총 400Krad[si]의 누적방사선량에 따른 소자의 전기적 파라메터 동작특성에 대한 변화추이를 측정하였다. 시험절차는 MIL-STD-883G 1019.7[1] 및 ESA/SCC Basic Specification No.22900[2] 의 TID시험절차 및 평가방법에 따라 진행되었으며 총 6개의 동일 Lot에 대한 DUT를 소자를 선정하여 5개의 시료에 대하여 방사선조사환경에서 각 DUT소자들에 대한 전기적 파라메터를 실시간으로 측정 및 분석하기 위한 계측시스템 및 MMI소프트웨어를 설계하여 진행하였다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 시험조건(Experimental Condition)

74AC04 소자에 대한 고준위 TID 시험은 다음과 같은 조건을 설정하였다. 감마선원(Gamma-ray source)을 이용하여 32krad/h~200krad/h의 선량율(Dose Rate)에서의 총 390Krad[si]까지의 누적선량(Total Dose)에 대하여 표2와 같은 방법으로 0Krad, 5Krad, 10Krad, 20Krad,.. 390Krad의 10개의 방사선조사 구간 및 0hr, 24hr, 168hr의 어닐링(Annealing) 구간으로 나누어 시험을 진행하였다.

##### 2.1.2 Test Facility 및 시험조건



<그림 1> 고준위 감마선 조사장치

본 TID시험에서 설정한 200Krad/h의 High Dose Rate 조건을 만족하기 위하여 정읍에 위치한 방사선연구소내의 고준위 감마선 조사장치를 이용하였다.

고준위 감마선 조사장치에 대한 주요스펙은 다음과 같다.

- Manufacture : MDS Nordion, Canada
- Radiation Source : Cobalt 60
- Capacity : 490KCi
- Radiation Shield : Water
- Type : Pencil
- 수조(m) : 1.9 x 3.5 x 5.15(H)
- 조사시료대 (m) A면 : 1.9 x 3.5 x 1.3(H)  
B면 : 1.9 x 1.9 x 1.3(H)

Total Dose Krad[si]	Dose Rate Krad[si]/h	Annealing hour	Temperature ℃
0	0		24.3
5	32		24.3
10	32		24.3
20	32		24.3
70	60		24.3
170	60		24.3
210	200		24.3
310	200		24.3
350	200		24.3
390	200	0	25.2
		24	25.2
		192	25.2

<표 1> Irradiation test condition

##### 2.2.2 시료선정(Serialize)

이번 74AC04 디바이스의 TID시험에 사용된 샘플선정 방법은 동일한 데이터코드를 가진 Lot 에서 총 6개의 시료를 선정하여 방사선조사를 위한 5개의 샘플과 비 조사모드에서의 74AC04의 동작특성에 대한 기준설정을 위한 1개의 샘플로 구성된다. 본 시험에서 사용된 74AC04 시료에 대한 Serialize 는 표2와 같다.

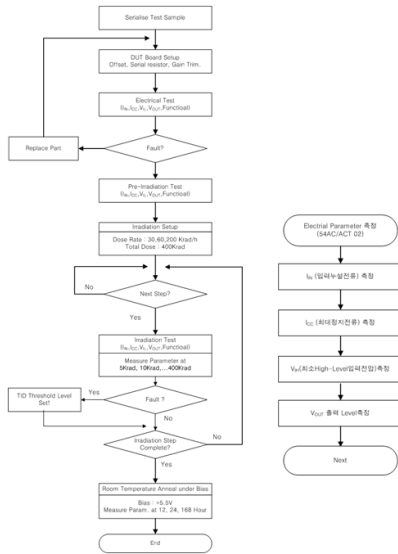
Serial Number	Allocation
1	DUT Slot#1
2	DUT Slot#2
3	DUT Slot#3
4	DUT Slot#4
5	DUT Slot#5
6	Reference

<표 2> 시료선정(Serialize)

##### 2.2.3 시험절차(Test Procedure)

74AC04 에 대한 TID시험은 MIL-STD-883 G 1017.5[1], 및 ESA/SCC-22900[2] 관련규격에 근거시료선정과 선정된 각 시료에 대하여 DUT보드에 장착 후 오프셋 및 출력이득에 대한 조정과정 조사 전

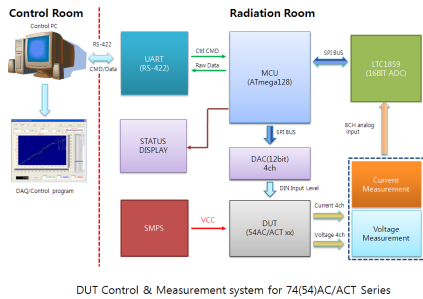
시험을 통하여 출력특성에 대한 검증과정을 거친 후 방사선원을 인가하여 표1와 기술한 방사 조사조건을 기준으로 누적선량에서의 각 시료에 대한 전기적특성과 동작특성에 대한 테스트를 진행하였다.



<그림 2> 시험절차(Test Procedure)

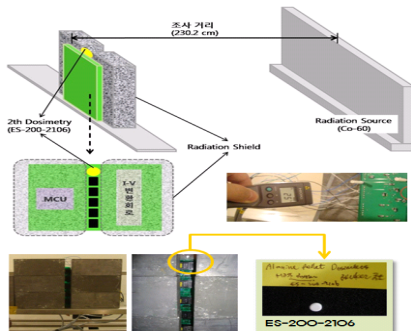
### 2.2.4 74AC04 DUT 제어계측 시스템구성

본 74AC04소자에 대한 고준위 방사선시험은 <그림 3> 과 같이 조사 시설내에 DUT 및 DUT의 전기적파라미터를 계측하기 위한 계측시스템의 구성 및 Control room에서 계측시스템으로의 계측명령 및 측정데이터의 수신 및 저장을 위한 MMI Software를 통하여 방사선조사환경에서의 실시간 원격계측시스템을 구성하였다.



<그림 3> AC04 DUT제어계측시스템구성

### 2.2.4 DUT장치 구성 및 조사시험설정

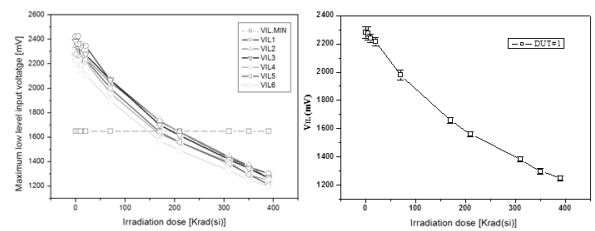


<그림 4> 조사장치내의 DUT 설치 및 2th Dosimetry

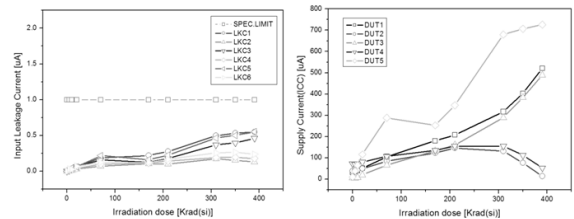
방사선조사시설내의 DUT보드를 설치함에 있어 고려하여야 할 사항은 정해진 방사선원으로부터의 정해진 선량율(Dose Rate)에 일치하는 조사위치의 선정과 방사선조사를 위한 시료를 제외한 DUT(Device Under test)보드를 구성하는 MCU 모듈 및 주변 아날로그 회로에 대하여 방사선조사 시험 시 방사선에 대한 차폐를 통하여 방사선조사에 따른 주변디바이스의 오동작현상을 방지하여야 한다. 따라서 DUT보드 설치 후 <그림4> 와 같이 납벽돌로 구성된 차폐구조물을 이용하여 구성하였다. 또한 조사위치 에서의 시료에 대하여 누적된 피폭선량에 대한 실측검증을 위한 2th Dosimetry 방법으로 ASTM-E1026 [3]에 기술한 내용을 근거로 한 EPR/Alanine Dosimeter(ES-200-2106)장치를 이용 감마선조사시설내의 시료 위치에서의 정확한 흡수선량에 대한 확인을 하였다.

조사시설내의 방사선원으로 부터의 선량율 60Krad/h에 대한 테스트 시료 설치 및 2th Dosimetry 상세구성은 <그림4> 에 나타내었다.

### 2.3 시험결과



<그림 5> 누적선량에 따른 74AC04의 V<sub>IL</sub> 특성변화



<그림 6> 누적선량에 따른 74AC04의 입력누설전류 및 I<sub>CC</sub>의 변화추이

### 3. 결 론

총 누적선량 160Krad 이상에서의 V<sub>IL</sub>(Maximum Low Level Input Voltage)은 허용기준치 이하로 감소하였고 정지소비전류의 경우 누적선량에 따른 점진적 증가현상과 200Krad부근에서의 설계스펙허용치를 초과하는 결과를 확인하였다.

본 시험결과로 74AC04 Hex inverter IC의 감마방사선조사에 따른 TID(Total Ionizing Dose)현상에 따른 V<sub>IL</sub> 및 정지소비전류의 변화는 칩 제조사가 제공하는 설계스펙이하로 감소 및 증가하는 현상을 확인하였지만 소자의 동작특성에 대한 치명적인 결함을 나타나지 않았다. 그러나 시스템을 구성하는 각 소자들의 방사선누적선량에 따른 소비전력의 변화 및 전기적신호의 입력레벨조건의 변화는 각 소자의 제조업체에서 제공되는 일반조건하에의 설계스펙으로 설계된 시스템의 경우 방사선환경에서의 누적선량에 따라 시험결과와 같은 각 소자별 소비전력의 증가현상 및 각 소자들간의 전기적신호의 입력특성의 변화는 시스템의 오동작을 초래할 수 있는 원인으로 작용할 수 있다. 따라서 내방사선화된 시스템설계하기 위하여 시스템을 구성하는 소자의 누적선량에 따른 전기적특성의 변화에 대한 기초자료를 이용하여 내방사선시스템설계에 반영하기 위해서는 다양한 종류의 전자소자에 대한 내방사선 평가시험이 필요함과 동시에 방사선에 취약한 부품에 대한 방사선 누적선량에 따른 열화 현상에 대한 연구를 진행함으로써 내 방사선화 된 IC의 설계 및 내방사선시스템의 구축을 위한 기초자료로 활용할 수 있도록 노력하여야 할 것이다.

### [참 고 문 헌]

- [1] MIL-STD-883G 1019.7, "total Ionizing radiation (total dose) test procedure" 28 February 2006
- [2] ESA/SCC Basic Specification No.22900 " Total Dose Steady-State Irradiation" April 1995
- [3] ASTM E1026 "Practice for the Fricke Reference Standard Dosimetry System."