

방사선 탐지 및 방호기술의 국방분야 적용

2017.05.17

한국원자력연구원



Korea Atomic Energy
Research Institute



목 차

국 방 연구 개발 특성

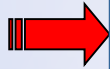
연구 개발 수행 내용

결

언

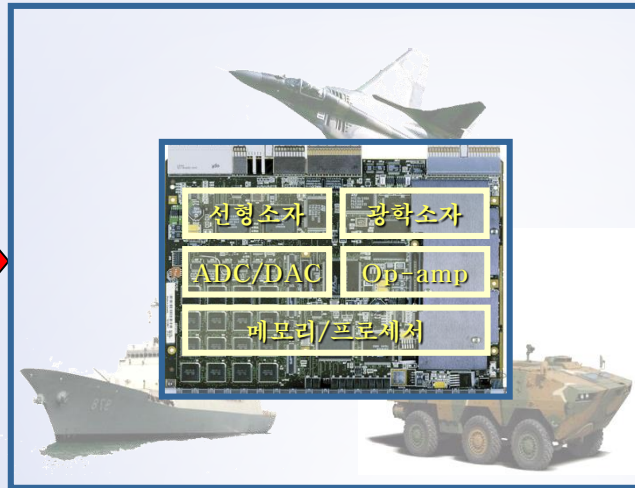
국방분야 내방사선 연구의 필요성

핵폭발



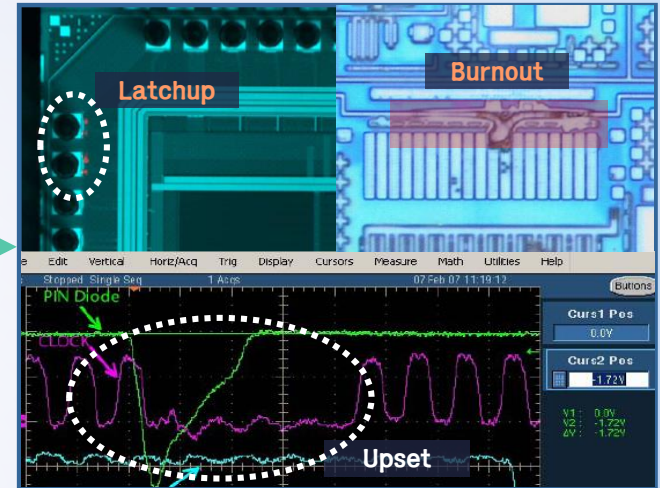
- 핵방사선 펄스발생
: 감마선 / 중성자

군 장비 내 전자부품 영향



- 군 장비 전자부품 핵방사선 환경에 노출
- 전자부품은 다이오드, 트랜지스터, LED, MOSFET 등의 반도체 소자들로 구성

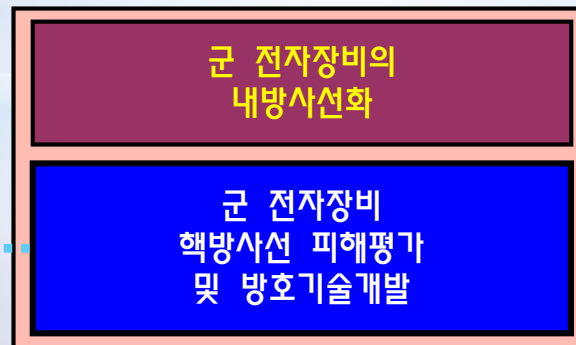
과도방사선에 의한 전자부품 피해



- Latchup : 전압원에서 접지까지 최대 전류가 흐르는 현상
- Burnout : 과도전류-> 과열로 인한 소진
- Upset : 로직/기억소자의 비트플립 현상

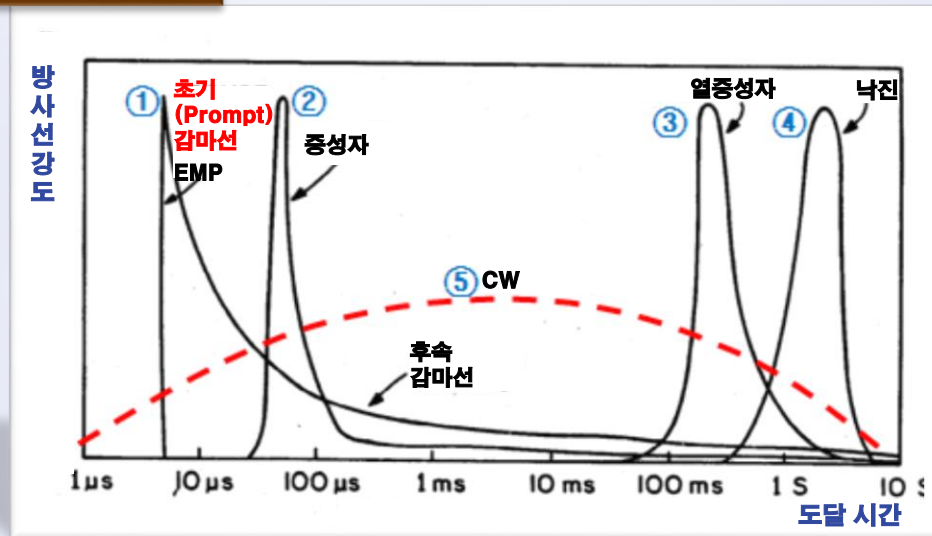


군 전자장비 피해 및
군 전력 손실



반도체 전자장비
내방사선화
기반구축

핵폭발 방출 방사선 특성



핵무기 폭발 시 발생 에너지

핵무기 폭발 시 발생하는 에너지는 초기 핵방사선(감마선, 중성자), EMP, 열중성자, 방사능 낙진 등임

① 초기 핵펄스형 감마방사선

- 원자로에서 핵분열시 발생하는 ⑤[연속방사선, CW]는 Low Intensity로 대선량의 경우 전자장비 손상
- 핵무기 폭발 시 발생하는 펄스형의 감마방사선은 저선량으로도 전자장비에 심대한 손상을 초래함 (Latchup, Upset, Burnout)

② 초기 핵중성자

- 감마방사선 보다 인체에 미치는 영향이 치명적, 전자장비의 순간적 손상은 약함

국방분야 연구개발 실적 - 종합

순번	연구 과제명	주요 개발내용
1	핵방사선 방호모델링 및 차폐기술 연구	<ul style="list-style-type: none"> ● 과도방사선효과 피해 평가모델 구축 ● 과도방사선효과 실측 시험평가 체계구축
2	## 소자개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 펄스방사선 검출기 및 제어모듈 개발 ● 내방사선기술 및 군무기 호환성구축
3	반도체를 이용한 중성자탐지소자개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 중성자 탐지용 센서 공정 및 시작품개발
4	다목적방사능 탐지모듈 시제	<ul style="list-style-type: none"> ● 통신 기반 측정 정보 전달 ● 차량 분리 후 개인 휴대 운용
5	멀티 X-선 빔을 이용한 3차원 방사선 투시기 영상처리기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● X-선 3차원 투시기 최적설계 ● 멀티 X-선 3차원 영상처리 알고리즘구현
6	원전 안전계측을 위한 내방사선 온도분포센서 핵심기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 센서계측회로 내방사화 핵심 기술개발 ● 내방사선 시험평가 및 검인증체계기술개발

연구개발 실적

순번	연구 과제명	주요 개발내용
1	핵방사선 방호모델링 및 차폐기술 연구	<ul style="list-style-type: none"> ● 과도방사선효과 피해 평가모델 구축 ● 과도방사선효과 실측 시험평가 체계구축
2	NED 소자개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 펄스방사선 검출기 및 제어모듈 개발 ● 내방사선기술 및 군무기 호환성구축
3	반도체를 이용한 중성자탐지소자개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 중성자 탐지용 센서 공정 및 시작품개발
4	다목적방사능 탐지모듈 시제	<ul style="list-style-type: none"> ● 통신 기반 측정 정보 전달 ● 차량 분리 후 개인 휴대 운용
5	멀티 X-선 빔을 이용한 3차원 방사선 투시기 영상처리기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● X-선 3차원 투시기 최적설계 ● 멀티 X-선 3차원 영상처리 알고리즘구현
6	원전 안전계측을 위한 내방사선 온도분포센서 핵심기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 센서계측회로 내방사화 핵심 기술개발 ● 내방사선 시험평가 및 검인증체계기술개발

연구과제

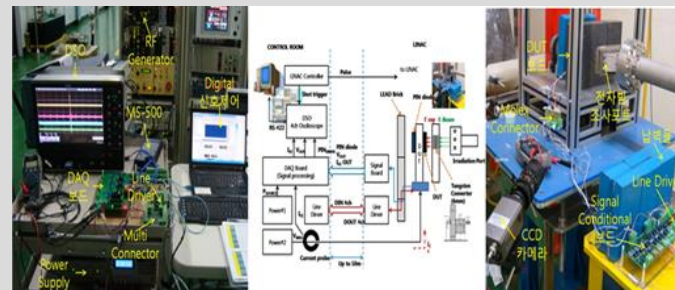
핵방사선 방호 모델링 및 차폐기술연구

● 연구개요

- 전자부품에서 핵폭발시 발생하는 과도방사선에 의해 발생하는 피해현상을 분석하기 위해 피해평가모델을 구축하고 과도방사선 실측 시험평가 체계를 개발하고 관련 연구결과를 데이터베이스화 하는 연구

● 개발내용

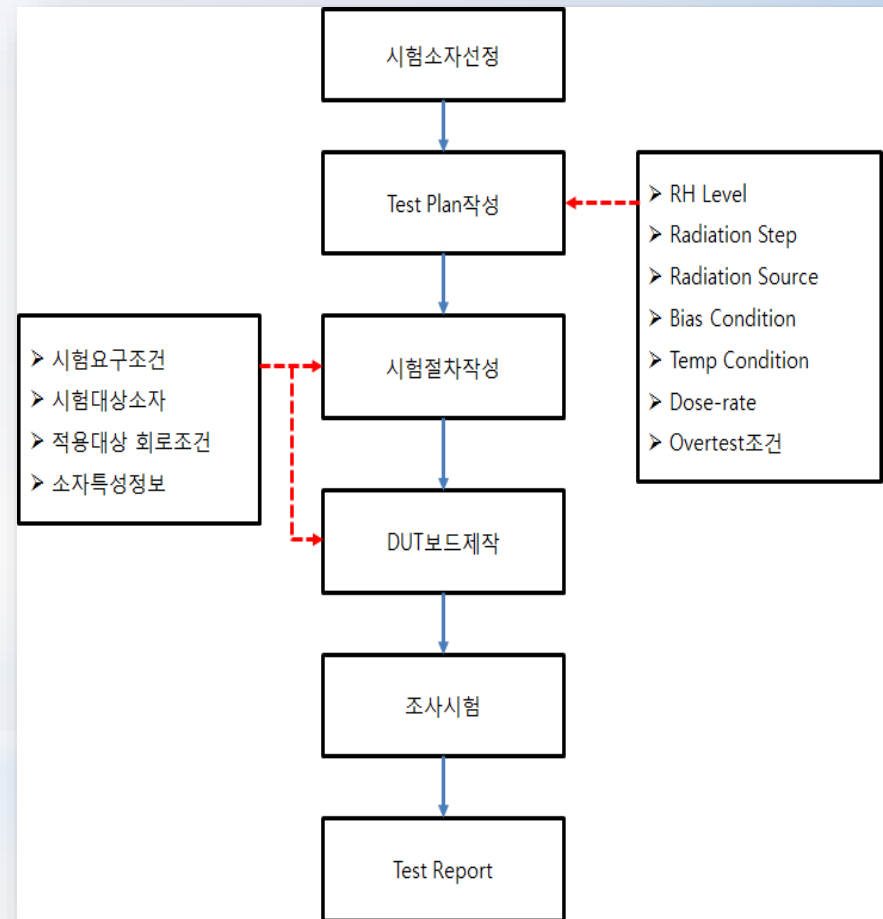
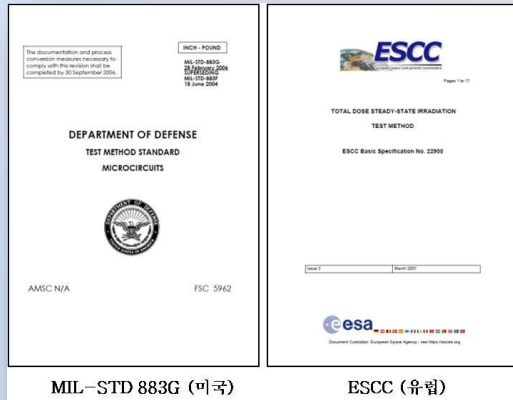
- 전자부품 과도방사선효과 연구 및 DB화
- 과도방사선효과 피해 평가모델 구축
- 과도방사선효과 실측 시험평가 체계구축



< 반도체소자 피해분석 및 펄스방사선 실측평가 체계 구축 >

TREE 실측 시험평가 체계구축

과도방사선 시험평가기술 및 절차수립



규격	내용
MIL-STD-883G 1017.2	Neutron Irradiation
MIL-STD-883G 1019.7	Ionizing Radiation(Total Dose) Test Procedure
MIL-STD-883G 1020.1	Dose-rate Induced Latchup Test Procedure
MIL-STD-883G 1021.2	Dose-rate Upset Testing of Digital Microcircuit
MIL-STD-883G 1023.2	Dose-rate Response of Linear Microcircuit
MIL-STD-750E 1015.1	Primary Photocurrent Irradiation Procedure
MIL-STD-750E 1019.5	Steady-State Total Dose Irradiation Procedure

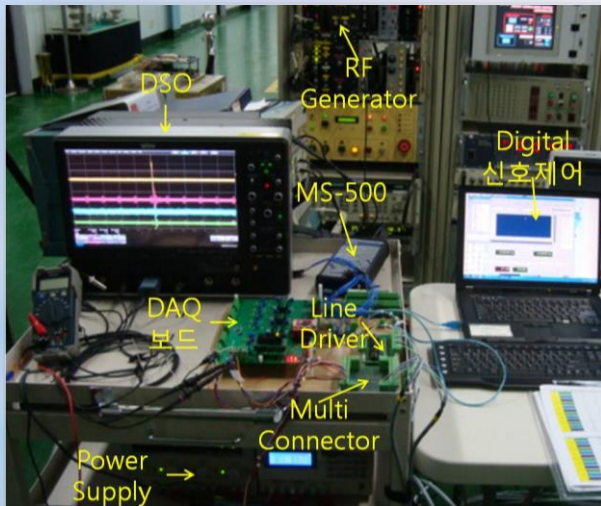
방사선성능평가시험관련 규격(MIL-STD)

과도방사선 시험절차 수립과정

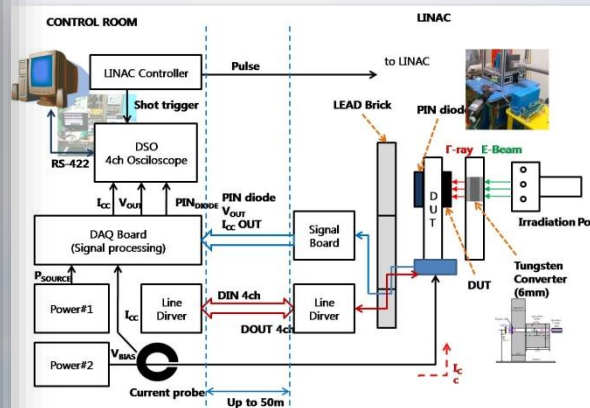
실측평가 체계구축

과도펄스방사선 시험평가기술 및 절차개발

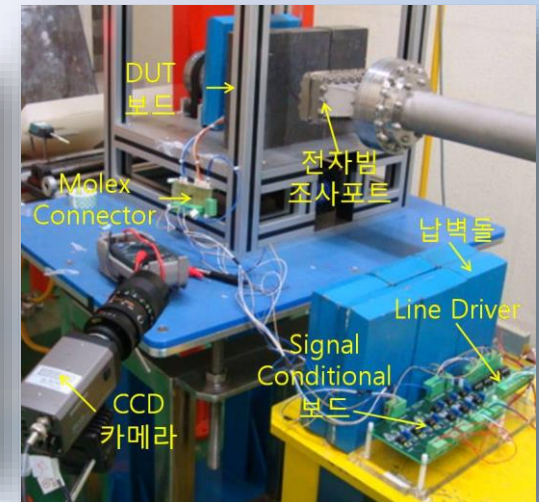
- 1) 조사실 내 보드와 통제실 내 계측시스템 Cross 케이블 연결 : 약 52m
- 2) Test LINAC 트리거 신호를 DSO와 동기화시켜 과도현상 측정
- 3) 디지털 신호 : Line Driver로 원거리에 제약 없이 데이터 획득
- 4) 아날로그 신호(I_{cc}) : Power Supply의 라인에 전류프로브를 연결하여 측정



통제실 내 측정 시스템 구성모습



Test LINAC 펄스감마선 테스트 시스템 구성도



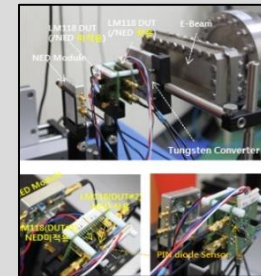
조사실 내 보드 구성모습

연구개발 실적

순번	연구 과제명	주요 개발내용
1	핵방사선 방호모델링 및 차폐기술 연구	<ul style="list-style-type: none"> ● 과도방사선효과 피해 평가모델 구축 ● 과도방사선효과 실측 시험평가 체계구축
2	## 소자개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 펄스방사선 검출기 및 제어모듈 개발 ● 내방사선기술 및 군무기 호환성구축
3	반도체를 이용한 중성자탐지소자개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 중성자 탐지용 센서 공정 및 시작품개발
4	다목적방사능 탐지모듈 시제	<ul style="list-style-type: none"> ● 통신 기반 측정 정보 전달 ● 차량 분리 후 개인 휴대 운용
5	멀티 X-선 빔을 이용한 3차원 방사선 투시기 영상처리기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● X-선 3차원 투시기 최적설계 ● 멀티 X-선 3차원 영상처리 알고리즘구현
6	원전 안전계측을 위한 내방사선 온도분포센서 핵심기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 센서계측회로 내방사화 핵심 기술개발 ● 내방사선 시험평가 및 검인증체계기술개발

● 연구개요

- 핵폭발시 발생하는 펄스방사선을 고속으로 감지하기 위해 반도체형 펄스방사선 탐지센서와 펄스신호를 고속으로 출력하기 위한 펄스신호 고속처리회로를 개발하고 군무기 적용 및 방호기능 검증



● 개발내용

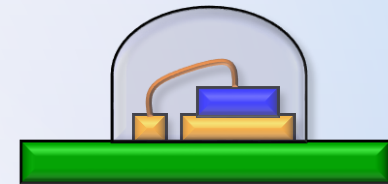
- 반도체형 펄스방사선 검출기 개발
- 펄스방사선 고속 신호처리 및 제어모듈 개발
- 내방사선기술 및 군무기 호환성 구축개발

< 핵펄스방사선 고속 검출기 및 군용장비 방호 >

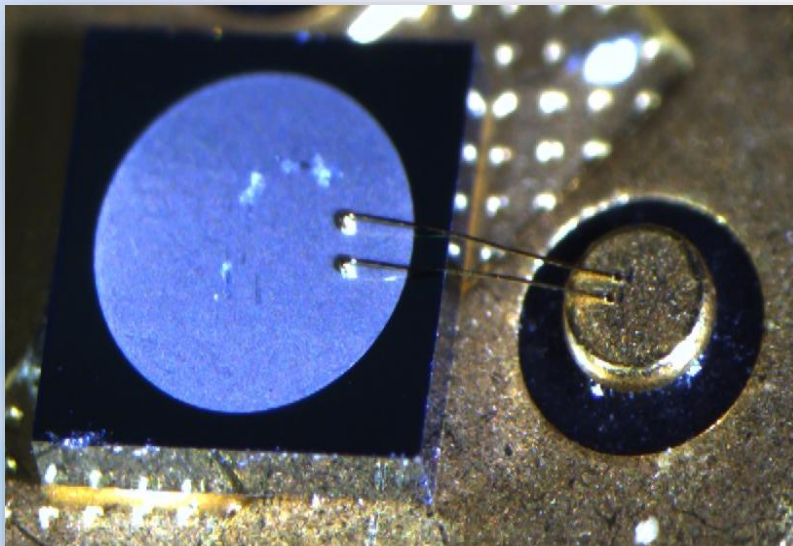
탐지센서 반도체 공정제작

탐지센서 패키지

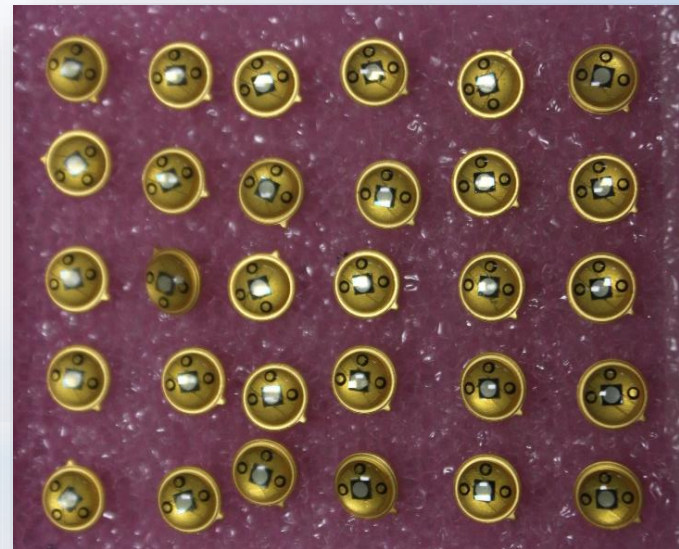
- 1) 탐지센서의 전기특성 분석 및 방사선영향 시험을 위한 패키징
- 2) TO-5 Can-type 패키지에 장착
 - 본딩장비 : TPT HB05 Full Manual Wirebonder



Wire Bonding 및 패키지 측면구조



탐지센서 (Wire Bonded)



탐지센서 (Packaged)

연구개발 실적

순번	연구 과제명	주요 개발내용
1	핵방사선 방호모델링 및 차폐기술 연구	<ul style="list-style-type: none"> ● 과도방사선효과 피해 평가모델 구축 ● 과도방사선효과 실측 시험평가 체계구축
2	NED 소자개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 펄스방사선 검출기 및 제어모듈 개발 ● 내방사선기술 및 군무기 호환성구축
3	반도체를 이용한 중성자탐지소자개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 중성자 탐지용 센서 공정 및 시작품개발
4	다목적방사능 탐지모듈 시제	<ul style="list-style-type: none"> ● 통신 기반 측정 정보 전달 ● 차량 분리 후 개인 휴대 운용
5	멀티 X-선 빔을 이용한 3차원 방사선 투시기 영상처리기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● X-선 3차원 투시기 최적설계 ● 멀티 X-선 3차원 영상처리 알고리즘구현
6	원전 안전계측을 위한 내방사선 온도분포센서 핵심기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 센서계측회로 내방사화 핵심 기술개발 ● 내방사선 시험평가 및 검인증체계기술개발

연구과제

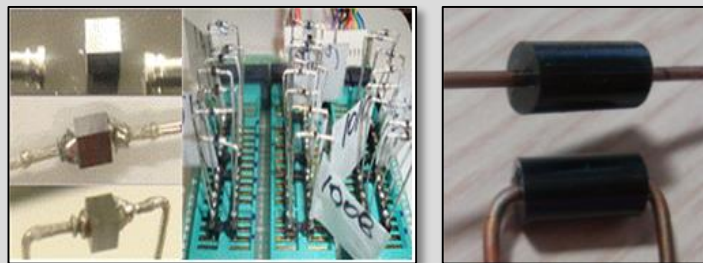
반도체를 이용한 중성자탐지소자 개발

● 연구개요

- 중성자를 실시간으로 탐지하는 고감도 PIN 다이오드 반도체 센서용 반도체 공정 및 시작품개발

● 개발내용

- 반도체 기반 중성자 탐지소자 개발
- 중성자 조사시험 및 특성 분석



< PIN 다이오드 중성자 탐지소자 제작공정 >

연구개발 실적

순번	연구 과제명	주요 개발내용
1	핵방사선 방호모델링 및 차폐기술 연구	<ul style="list-style-type: none"> ● 과도방사선효과 피해 평가모델 구축 ● 과도방사선효과 실측 시험평가 체계구축
2	NED 소자개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 펄스방사선 검출기 및 제어모듈 개발 ● 내방사선기술 및 군무기 호환성구축
3	반도체를 이용한 중성자탐지소자개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 중성자 탐지용 센서 공정 및 시작품개발
4	다목적방사능 탐지모듈 시제	<ul style="list-style-type: none"> ● 통신 기반 측정 정보 전달 ● 차량 분리 후 개인 휴대 운용
5	멀티 X-선 빔을 이용한 3차원 방사선 투시기 영상처리기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● X-선 3차원 투시기 최적설계 ● 멀티 X-선 3차원 영상처리 알고리즘구현
6	원전 안전계측을 위한 내방사선 온도분포센서 핵심기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 센서계측회로 내방사화 핵심 기술개발 ● 내방사선 시험평가 및 검인증체계기술개발

연구과제

다목적 방사능탐지모듈 시제

연구개요

- 복합 방사능 센서를 활용한 알파, 베타, 감마, 중성자 방사선 측정용 탐지모듈을 개발하여 차기 휴대용 방사능측정이 개발에 필요한 핵심 기술을 확보

개발내용

- 차량(신형화생방정찰차) 탑재
- 통신(RS-232, CAN, RS-422)을 통한 정보 전
- 차량에 분리하여 개인 휴대 운용
- 탐지 방사선 확장 시 확장플로브 연결 운용



< PIN 다이오드 중성자 탐지소자 제작공정 >

연구개발 실적

순번	연구 과제명	주요 개발내용
1	핵방사선 방호모델링 및 차폐기술 연구	<ul style="list-style-type: none"> ● 과도방사선효과 피해 평가모델 구축 ● 과도방사선효과 실측 시험평가 체계구축
2	NED 소자개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 펄스방사선 검출기 및 제어모듈 개발 ● 내방사선기술 및 군무기 호환성구축
3	반도체를 이용한 중성자탐지소자개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 중성자 탐지용 센서 공정 및 시작품개발
4	다목적방사능 탐지모듈 시제	<ul style="list-style-type: none"> ● 통신 기반 측정 정보 전달 ● 차량 분리 후 개인 휴대 운용
5	멀티 X-선 빔을 이용한 3차원 방사선 투시기 영상처리기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● X-선 3차원 투시기 최적설계 ● 멀티 X-선 3차원 영상처리 알고리즘구현
6	원전 안전계측을 위한 내방사선 온도분포센서 핵심기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 센서계측회로 내방사화 핵심 기술개발 ● 내방사선 시험평가 및 검인증체계기술개발

연구과제

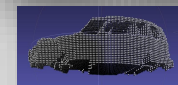
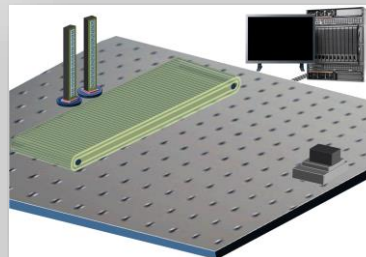
멀티 X-선 빔을 이용한 3차원 방사선 투시기 및 영상처리기술 개발

● 연구개요

- 멀티 X-선 빔을 이용하여 3차원 투시기를 설계 제작하고 3차원 영상화를 위해 영상 기하 좌표보정 및 3차원 정보를 형상화하여 3차원 초고속 해운물류 화물 검색시스템을 개발

● 개발내용

- 방사광 검출센서 설계 및 X-선 어레이 검출기 제작
- 멀티 X-선 3차원 영상처리 알고리즘 구현
- 3차원 형상 복원 및 시각화 기술개발



< X-선 3차원 투시기 및 X-선 영상 3차원 형상복원 및 가시화 >

X-선 3차원 투시기 장치 개발

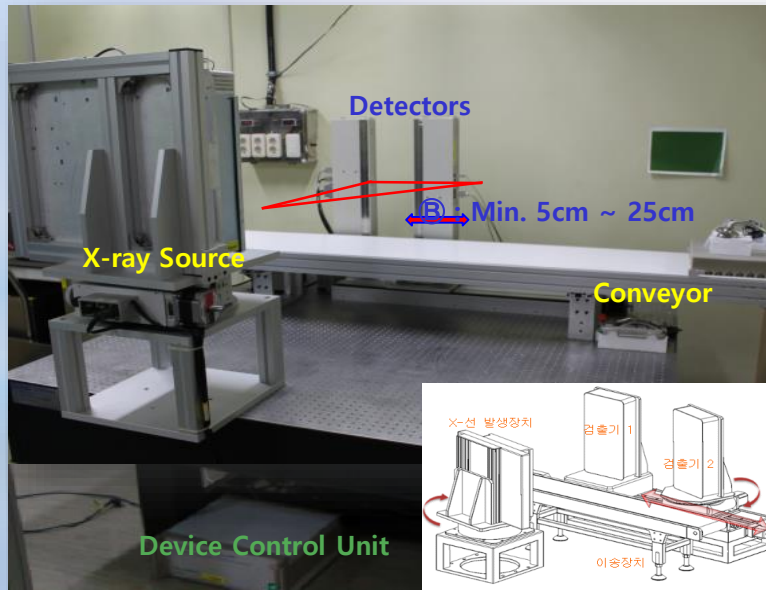
멀티 X-선 3차원 투시기 기하학적 구조 최적화

• 1/10 축소형 X-선 투시기 프로토타입 장치 최적화

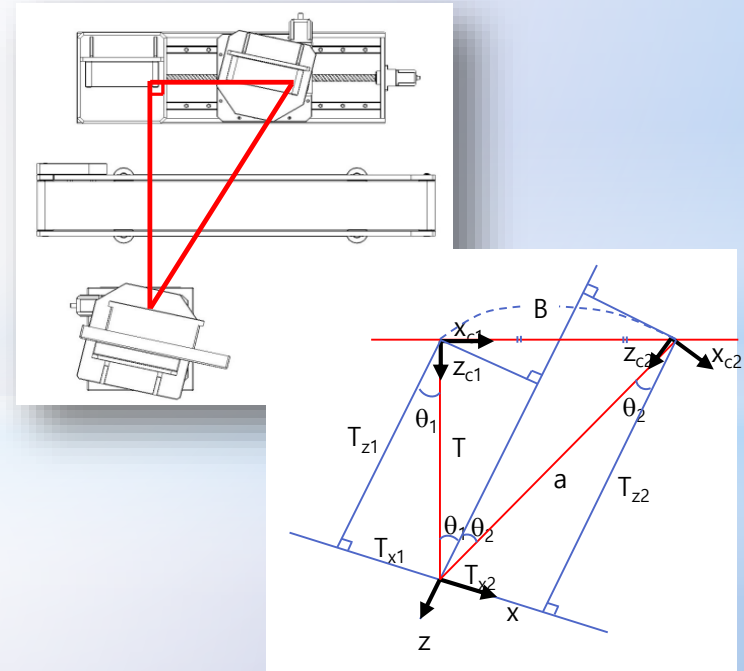
- X-선 선원과 디텍터의 직각 삼각형 기하구조 정밀 보정 (T(선원과 검출기간 거리) = 1,200mm)
- 검색 대상체 이동용 이송장치 길이 연장 (2,500mm)

• 스테레오 디텍터 구조 최적화를 위한 제어

- 입체가시영역 중심에 오브젝트 위치를 위한 두 검출기 거리 재설정 (50mm(Min.), 250mm (Max.))
- 오브젝트 길이에 최적화된 선원 회전각도 자동제어



멀티 X-선 3차원 투시장치

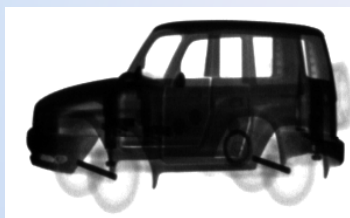


직각 삼각형 구조 3차원 공간좌표 설정

X-선 3차원 투시기 장치 출력 결과

3차원 윤곽선 및 체적복원 결과 (RV자동차)

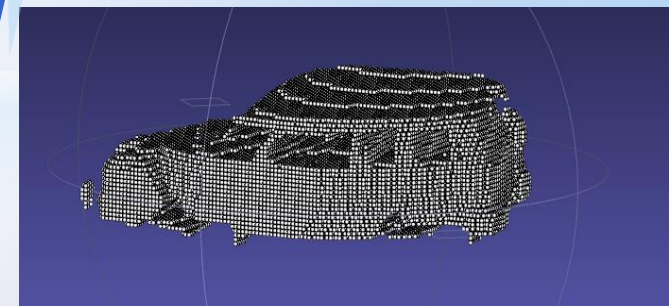
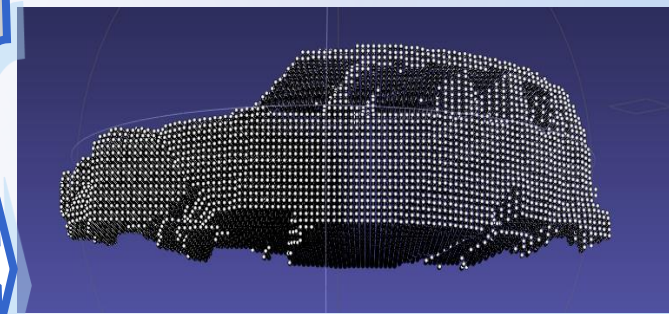
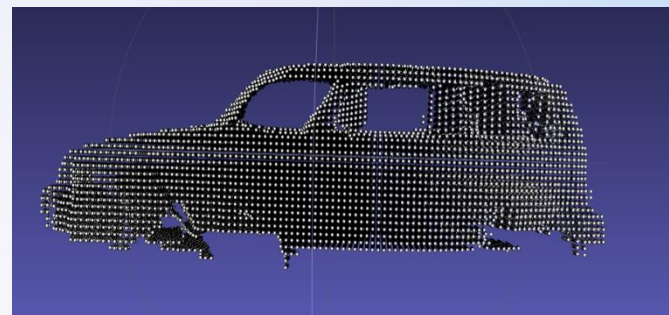
Stereo
X-선
영상
(R, L)



Binary
X-선
영상



3차원 윤곽선 복원



3차원 체적 복원영상 (회전)

연구개발 실적

순번	연구 과제명	주요 개발내용
1	핵방사선 방호모델링 및 차폐기술 연구	<ul style="list-style-type: none"> ● 과도방사선효과 피해 평가모델 구축 ● 과도방사선효과 실측 시험평가 체계구축
2	NED 소자개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 펄스방사선 검출기 및 제어모듈 개발 ● 내방사선기술 및 군무기 호환성구축
3	반도체를 이용한 중성자탐지소자개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 중성자 탐지용 센서 공정 및 시작품개발
4	다목적방사능 탐지모듈 시제	<ul style="list-style-type: none"> ● 통신 기반 측정 정보 전달 ● 차량 분리 후 개인 휴대 운용
5	멀티 X-선 빔을 이용한 3차원 방사선 투시기 영상처리기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● X-선 3차원 투시기 최적설계 ● 멀티 X-선 3차원 영상처리 알고리즘구현
6	원전 안전계측을 위한 내방사선 온도분포센서 핵심기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ● 센서계측회로 내방사화 핵심 기술개발 ● 내방사선 시험평가 및 검인증체계기술개발

연구과제

원전 안전계측을 위한 내방사선 온도분포센서 핵심기술 개발

● 연구개요

- 원전의 안전성과 신뢰성 증대를 위한 핵심요소기술로 내방사선 광섬유 소재기반 온도센서 기술과 안전계통 센서 공통회로 내방사화 기술 개발

● 개발내용

- 내방사선광섬유 온도센서 신기술개발
- 안전계통 센서계측회로 내방사화 핵심 기술개발
- 센서계통 내방사선 시험평가 및 검인증체계기술개발



< 내방사선 광섬유 및 센서 계측회로 개발 >

감사합니다!



한국원자력연구원
Korea Atomic Energy Research Institute