

# 비정질 셀레늄의 누설전류 저감을 위한 다층구조 제작 및 특성 평가

## The Multi-layer Fabrication and Characteristic Performance for Dark Current Reduction of Amorphous Selenium

박지균\*, 강상식\*, 석대우\*, 이형원\*\*, 남상희\*\*

(J. K. Park\*, S. S. Kang\*, D. W. Suk\*, H. W. Lee\*\*, S. H. Nam\*\*)

### Abstract

Recently, amorphous selenium is used as x-ray conversion material for flat-panel x-ray detector. In this paper, we investigated the effect of breakdown under high voltage and leakage current in PN-type multi-layer structure based on p-type a-Se and n-type conductive thin film. Experimental results show that the multi-layer based detector reduced leakage current because n-type CeO<sub>2</sub> conductive layer prevent from hole injection into a-Se layer from collection electrode. Also, the breakdown voltage was improved by dielectric layer between a-Se and top electrode

**Key Words** : amorphous selenium, Cerium Oxide, Digital Radiography, Flat-Panel X-ray Detector

### 1. 서 론

최근 필름없이 화상을 직접 의료용 모니터로 획득하는 디지털 X선 영상기술이 활발히 연구되어지고 있다. 이러한 영상기술에는 크게 형광층과 포토다이오드를 이용하는 간접변환방식과 광도전층을 이용하는 직접변환방식으로 나누어진다. 직접방식의 평판검출기의 X선 변환층으로써 이용되어지고 있는 a-Se은 다른 화합물 반도체에 비해 고유의 높은 공간해상도와 낮은 누설전류를 가지기 때문에 가장 먼저 개발되었으며 상품화에 이르렀다. 이 a-Se는 광도전물질로써 복사기, Image pickup tube, sollar cell

과 같은 Photosensor용 물질로써 많이 이용되어져왔다. 영상검출기로의 적용을 위해 a-Se은 미량의 As과 Cl를 첨가하여 X선 반응속도 및 재결정화를 방지하고 있다. 하지만, a-Se은 상대적으로 낮은 원자번호를 가지기 때문에 X선 흡수율이 낮아 수 백  $\mu\text{m}$ 이상의 두께를 가져야 하며 비정질 상태의 Bulk 내에서 발생한 전자-정공쌍을 수집하기 위해서 수 kV이상의 고전압을 인가해야 하는 단점을 지니고 있다. 뿐만 아니라, 이러한 높은 전기장에 의해 수집전극에서 a-Se으로의 전자 유입현상이 발생하여 누설전류의 급격한 증가와 고전압에 의한 a-Se 및 Readout 회로의 파괴의 문제가 보고되고 있다.

본 연구에서는 이러한 a-Se의 고전압에 의한 파괴현상 및 누설전류 상승을 해결하기 위한 연구로써 유전층, a-Se층과 CeO<sub>2</sub>층을 기반으로 하는 다층구조 형태의 검출기를 제작하여 고전압에 대한 보호 효과 및 누설전류를 기존의 a-Se 단일층의 검출기와 비교하여 그 성능을 평가하고자 하였다.

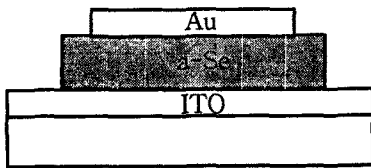
\* 인제대학교 의용공학과  
(경남 김해시 어방동 607)  
Fax: 055-325-7931  
Email: pjok@drworks1.inje.ac.kr

\*\* 인제대학교 의료영상연구소

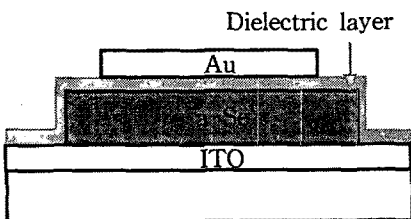
## 2. 실험

시편제작에 이용된 a-Se는 As(0.3w%)와 Cl(30 ppm)이 첨가된 Nippon Rare Metal社(Japan)의 99.999% 순도를 가졌다. 수집전극으로 ITO(Indium Thin Oxide)층을 형성하기 전에  $2 \times 5 \text{cm}^2$  크기의 Slide glass는 Aceton과 초음파 세척을 통해 Cleaning을 시켰으며, 표면의 잔류 이물질을 제거하기 위해  $200^\circ\text{C}$ 에서 1시간동안 열처리를 하였다. ITO층은 Sputtering 법에 의해 약 1200Å의 두께로 형성하였다.

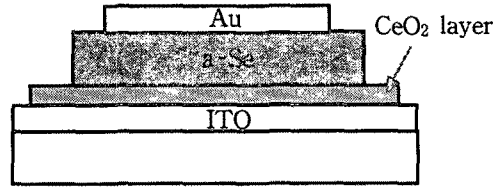
a-Se층을 증착하기 전에, blocking layer로써  $\text{CeO}_2$  Pallet(99.9%, Cerac)을 열진공증착법에 의해 형성하였으며 Active area는  $2 \times 3 \text{cm}^2$  이며 두께는 2000Å 이었다. a-Se층은 자체제작한 SPCL Thermal Evaporation System(표준진공제작, 지름  $1300\phi$ )을 이용하였으며, Diffusion pump와 Rotary pump를 이용하여  $2 \times 10^5$  torr의 진공도를 유지하였다. 사용된 Boats는 SUS304로써 두께균일도를 유지하기 위해 Substrate Zig를 3rpm으로 회전시켰으며 4개의 Boats를 기하학적으로 배치시켰다. 증착온도는  $280^\circ\text{C}$ , 기판온도는  $50^\circ\text{C}$ 로 유지시켰으며 증착된 a-Se의 두께는  $100\mu\text{m}$  였으며 Active area는  $2 \times 2 \text{cm}^2$  으로 증착하였다. 증착된 a-Se layer 위에 dielectric layer를 형성하기 위해 PDS system(SCS社, USA)을 이용하여  $10\mu\text{m}$  두께로 형성하였다. 최종적으로 dielectric layer위에 압전류 특성이 우수한 Au electrode(두께 120 nm, 면적  $1.5 \text{cm}^2$ )를 증착하였다. 그림 1은 본 연구에 사용된 시편들의 단면구조를 나타낸 것이다.



(a) A형 시편



(b) B형 시편



(c) C형 시편

그림 1. 제작된 시편의 단면 구조

Fig. 1. The cross-section structure of fabricated sample

제작된 시편에 대해서 고전압에 대한 파괴전압 실험은 인가전압을 500V - 3000V 까지 250V씩 증가시키면서 측정하였으며, 측정값의 정확도를 위해서 A(a-Se)형, B(dielectric/a-Se)형 시편을 각각 20개에 대해 측정하여 평균하였다.

그림 2는 인가전압에 대한 누설전류(Dark current)를 측정하기 위한 실험장치를 나타내고 있다. 암전류(dark current) 측정을 위해 고전압발생기(EG&G 558H, USA)를 이용하여 제작된 시편의 양단에  $-10\text{V}/\mu\text{m}$ 에서부터  $10\text{V}/\mu\text{m}$ 까지  $2\text{V}/\mu\text{m}$ 씩 증가시키면서 인가하여 안정화된 전류값을 미소전위계(Keithley 6517A, USA)를 이용하여 측정하였다.

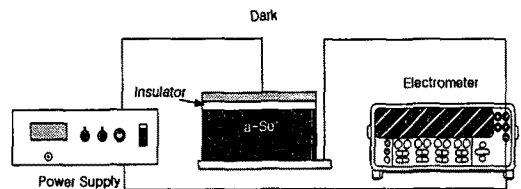


그림 2. 누설전류 측정 개략도

Fig. 2. The schematic diagram of leakage current

## 3. 결과 및 고찰

표 1과 그림 3은 고 인가전압에 대한 파괴전압 측정값을 보여주고 있다. 측정은 각각 20개의 A(a-Se)형 및 B(dielectric/a-Se)형 시편에 대해 인가전압하에서 파괴되지 않은 시편의 수를 기록하였다.

그림에서 알 수 있듯이, a-Se 단일 구조의 검출기는  $10\text{V}/\mu\text{m}$ 의 전기장에서 50%이상이 파괴되었으며

15 V/ $\mu\text{m}$ 이상의 인가전압에서 모두 a-Se층과 electrode layer의 파괴가 일어났다. 이에 비해 dielectric/a-Se 기반의 다층구조 형태의 시편은 10V/ $\mu\text{m}$ 에서 전혀 파괴가 되지 않았으며 20V/ $\mu\text{m}$ 에서 50%가 파괴되지 않았다.

이러한 결과는 고전압의 전기장에서 a-Se Bulk 내부에 존재하는 결함(Defect) 또는 Trap center에 의해 발생하는 전기장의 집중(Concentration) 현상이 발생하여 그 부분에서 a-Se의 파괴가 일어나는데, a-Se과 electrode 사이에 유전층이 존재함으로써 전기장 집중을 방지하는 역할을 함으로써 고전압에 의한 파괴전압을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

표 1. 고 인가전압에 대한 파괴전압(A:a-Se, B: dielectric/a-Se)

Table 1. The breakdown voltage as high applied voltage(A: a-Se, B: dielectric/a-Se)

Applied voltage(V)	A-type	B-type
500	20	20
750	12	20
1000	9	20
1250	8	17
1500	3	16
1750	0	14
2000	0	10
2500	0	4
3000	0	0

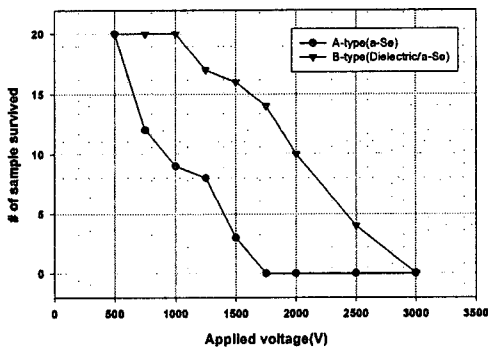


그림 3. 인가전압에 따른 파괴되지 않은 시편수  
Fig. 3. The number of sample survived as applied voltage

그림 4와 그림 5는 인가전압에 대한 A형(a-Se)과 C형(a-Se/CeO<sub>2</sub>) 시편에 대한 누설전류를 나타낸 것이다. 그림에서 볼 수 있듯이 a-Se에 비해 a-Se/CeO<sub>2</sub> 구조의 시편에서 대체적으로 낮은 값을 보이며, 순방향에 비해 역방향 인가시 암전류의 감소는 a-Se 단일구조의 시편보다 훨씬 낮은 암전류가 측정됨을 확인할 수 있었다.

이러한 결과는 CeO<sub>2</sub>층이 전극에서 a-Se층으로의 전하유입을 차단하여 a-Se 단일 구조에서 고전압에 의해 증가하는 암전류를 낮추는 역할을 하며, 특히 정공유입(hole injection)을 차단하는 기능을 함을 알 수 있다. 이것은 CeO<sub>2</sub>층의 밴드갭이 높기 때문에 ITO층과 a-Se층과의 계면에서의 Barrier를 높임으로써 ITO층의 정공이 a-Se층으로 유입을 억제시키기 때문인 것으로 사료된다.

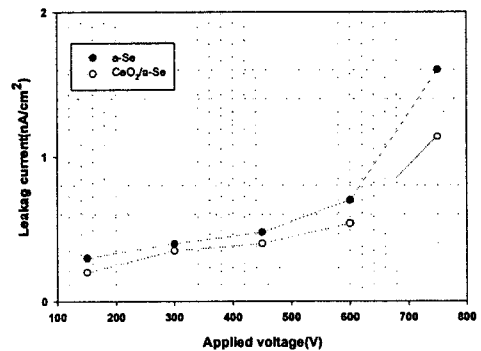


그림 4. 순방향(Top:+, Bottom:-) 인가전압에 따른 누설전류

Fig. 4. The leakage current of forward bias

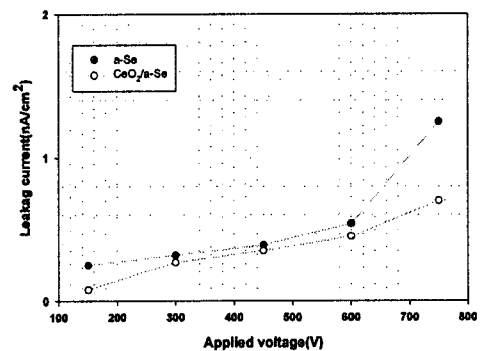


그림 5. 역방향(Top:-, Bottom:+) 인가전압에 따른 누설전류

Fig. 5. The leakage current of reverse bias

#### 4. 결 론

본 연구는 평판형 디지털 X선 영상검출기의 광도전체층으로 이용되는 a-Se의 성능을 향상시키기 위한 연구로써 CeO<sub>2</sub> 및 유전층을 이용한 다층구조 설계 및 성능 평가를 수행하였다.

a-Se 단일층의 단점인 고전압에 대한 파괴전압은 a-Se과 상부전극 사이에 유전층을 형성함으로써 높일 수 있었고, 고전압에 대한 누설전류는 수집전극과 a-Se 계면사이에 전하 유입 차단층으로써 CeO<sub>2</sub> 층을 형성시킴으로써 누설전류를 크게 감소시킬 수 있었다.

본 논문을 통해 a-Se 기반의 평판형 디지털 X선 영상검출기의 성능을 향상시키기 위한 기초 자료로 제공될 수 있으며, 보다 안정성이 높은 a-Se 변환층으로써 그 적용 가능성을 높일 수 있을 것으로 사료된다.

#### 감사의 글

본 연구는 과학기술부 국가지정연구실 지원(M1-0104-00-0149)에 의하여 수행되었습니다.

#### 참고 문헌

- [1] Experimental evaluation of a novel CdZnTe flat-panel X-ray detector for digital radiography and fluoroscopy, Satoshi Tokuda, Sharp Co.
- [2] State of the art of (Cd,Zn)Te as gamma detector, M. Fiederle, Journal of Crystal Growth
- [3] W. Que, and J. A. Rowlands. "X-ray Imaging using Amorphous Selenium : Inherent Spatial Resolution", Med. Phys., Vol. 22, No. 4, pp. 365-373, 1995
- [4] National Physical Laboratory, New Delhi-110, India "Effect of combinational doping on x-ray sensitivity of a-Se films"