

## Gd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S(Eu<sup>2+</sup>)/a-Se 구조의 X선 검출 센서에서 a-Se<sub>1-x</sub>As<sub>x</sub>의 검출효율 비교

강상식, 박지균, 이동길, 문치웅\*, 남상희\*  
인제대학교 의생명공학대학 의용공학과  
인제대학교 의료 영상 연구소\*

### Comparison of the Detection Efficiency a-Se<sub>1-x</sub>As<sub>x</sub> in X-ray Detection Sensor of Gd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S(Eu<sup>2+</sup>)/a-Se Structure

Sang-Sik Kang, Ji-Koon Park, Dong-Gil Lee, Chi-Wung Moon\*, Sang-Hee Nam\*  
Department of Biomedical Engineering, College of Biomedical Science and Engineering, Inje University  
Medical Imaging Research center of Inje University\*

#### Abstract

Recently, It has performed that the basic research of the photoconductive material and the development and application of the digital radiograph detector which is divided into the direct and indirect method. The objective of this study investigate the effect of the electric characteristic about changing the composition of Arsenic in hybrid detector system for compensating a defect of conventional. We fabricated samples using the amorphous Selenium and Arsenic alloy with various concentrations of the Arsenic(seven step : 0.1%, 0.3%, 0.5%, 1%, 1.5%, 3%, 5%). And using EFIRON optical adhesives the formed multi-layer(Gd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S(Eu<sup>2+</sup>)) composed phosphor layer. X-ray and light sensitivity was measured to study x-ray response characteristics.

As results, highest value was measured as output net charge and SNR were 315.7pC/cm<sup>2</sup>/mR and 99.4 at 0.3%As doping ratio.

**Key word** : Multi-layer, Photoconductor, Digital Radiography, Flat-Panel X-ray Detector

#### 1. 서론

의료영상 분야에서의 디지털화가 시도되면서부터 평판형 디지털 영상검출기가 일반촬영 및 투시영상을 비롯한 다양한 영상 획득 장치에의 적용을 위해 꾸준히 연구 개발되어져 왔다. 이 시스템은 대면적 pixel array로 구성되어 있으며 두 가지의 영상획득 원리로 구분된다. 그 중 한 가지 방법은 간접 방식으로 형광체가 입사된 X-ray를 흡수하고 가시광을

방출한다. 이 가시광은 a-Se:H p-i-n 광 다이오드에 의해 전기적 신호로 바뀌어 영상을 형성한다. 다른 접근 방법인 직접 방식은 X-ray를 흡수하고 이온화된 전하를 수집하는 광전도층을 사용하여 영상을 획득하게 된다. 직접 방식은 빛으로의 변환 과정이 없기 때문에 간접 방식에 비해 높은 고유해상도(intrinsic resolution)를 가지는 장점이 있다.

최근 지속적인 연구와 개발 과정을 통해 직접 및 간접 방식이 가지는 장점뿐만 아니라 여러 가지 단

점 또한 밝혀지고 있다. 직접방식의 경우, 입사되는 방사선의 흡수량을 증가시키기 위하여 광도전체로 사용되는 a-Se를 수백 $\mu\text{m}$  이상 형성시키기 때문에 수 kV의 고전압을 인가해야하는 결정적인 단점을 가지고 있으며 간접방식의 경우에는, phosphor에서 발생한 광을 검출하기 위해 수광 소자를 TFT 단위 셀 내에 제작해야 하는 제작 공정의 복잡성과 fill-factor의 감소와 변환된 빛의 blurring으로 인한 resolution의 감소라는 단점을 내재하고 있다.

본 연구는 앞서 지적한 직접 및 간접 방식의 단점을 보완하고 두 시스템이 가지는 장점을 최대화하기 위한 Hybrid 방식의 적용에서 다층구조( $\text{Gd}_2\text{O}_3\text{S}(\text{Eu}^{2+})/\text{a-Se}$ )에 첨가된 As이 X선 검출센서에 미치는 전기적인 영향에 관한 연구에 관한 것으로, dopant로 As을 첨가하여 비정질 상태의 Se이 재결정화 되는 것을 방지함은 물론, X선에 대한 누설전류를 최소화하여 신호 대 잡음비를 개선시켜 Hybrid 방식 X선 receptor 구조의 최적화를 구현하는데 그 목적이 있다.

## 2. 실험

### 2.1 실험시편

시편제작을 위해 이용된 증착기는 자체설계 및 제작된 저항가열식(Resistive Thermal Evaporator) 진공증착기로 챔버 내부 구조를 그림 1에 나타내었다. 이 장치는 mechanical pump와 diffusion pump로 구성되어 증착 시  $10^{-6}$  Torr의 진공도를 유지하였으며, 기판의 온도는 상온(room temperature)을 유지하였다.

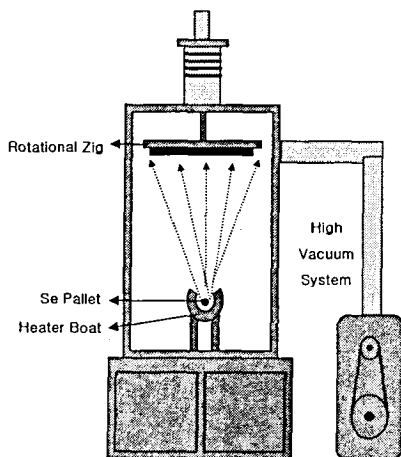


그림 1. 시편제작을 위한 챔버 내부구조

a-Se:As 증착에 앞서 ITO(Indium Thin Oxide)가 rf-sputtering법에 의해 증착된 유리기판(corning glass,  $2 \times 5 \text{ cm}^2$ )을 acetone, methanol 순으로 초음파 세척하여 D.I. water로 행군 후 질소 gun으로 건조시켰다. ITO가 코팅된 기판위에, a-Se에 As이 단계별(7단계 : 0.1%, 0.3%, 0.5%, 1%, 1.5%, 3%, 5%)로 첨가된 pellet형태의 원료를 약  $280^\circ\text{C}$ 로 30분 가열하여 SUS boat로부터 증발시켜 면적이  $2\text{cm} \times 2\text{cm}$ 의 a-Se:As 층을 형성하였으며, 증착된 필름의 두께는 약  $30\mu\text{m}$ 였다. I-V 측정을 위한 상부전극은 Phosphor에서 발생된 빛의 원활한 전달을 위해 ITO를 rf-sputtering법에 의해 150nm의 두께로 증착시켰다. 상부전극 위에 인가전압에 의해 형성된 a-Se:As층의 누설전류에 의한 미세파괴를 방지하기 위해 유전층 증착시스템(PDS 2060, SCS 社, USA)을 이용하여 dielectric layer를 수  $\mu\text{m}$ 정도의 두께로 형성시켰다. dielectric layer 위에 EFIRON optical adhesives를 이용하여  $\text{Gd}_2\text{O}_3\text{S}(\text{Eu}^{2+})$ 로 구성된 phosphor층을 접합시켜 다층구조를 형성하였다. 그림 2는 제작된 시편의 외형 및 단면구조를 나타낸 것이다.

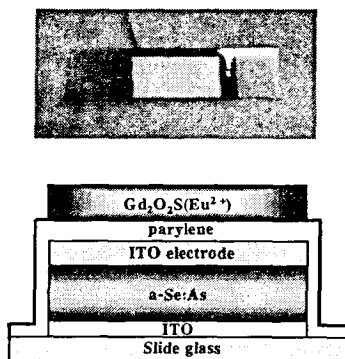


그림 2. 제작된 시편과 단면구조

### 2.2 실험장치

누설전류(Dark current)의 측정은 고전압발생기(EG&G 558H, USA)를 이용하였으며 암실에서 시편의 양단에  $6\text{V}/\mu\text{m}$ (180V DC)의 고전압을 인가 후, 발생되는 미세전류를 Electrometer(Keithley 6517A, USA)를 이용하여 측정하였다.

본 연구에 사용된 X선 발생기는 Shimadzu TR-500-125 Radio-Texc-x-s를 사용하였으며 신호 획득을 위한 조사조건은 70 kVp, 100 mA와 30 msec의 조사시간으로 고정하였다. 또한 방사선량

은 Ion chamber 2060(Radical Corporation 社,USA)을 이용하여 조사선량을 측정하였으며, 선량은 12.5mR(10회 반복측정의 평균 값)으로 측정되었다.

X선과 X선에 의해 변환되어진 광 민감도를 계산하기 위해 Oscilloscope를 통해 얻어진 전압 값을 X선이 조사된 시간 영역에서 적분하고, 그 값을 사용된 저항치로 나누어줌으로써 발생된 총 전하량을 계산할 수 있다. 조사 후, 유도전압 s파형은 오실로스코프에 의해 획득되었으며 획득된 파형으로부터 총 전하량을 계산하기 위해 AcqKnowledge 3.0을 이용하여 유도 전압을 적분한 후, 다음의 수식에 의해 X선에 의해 발생된 전하량(Output charge, Q)을 계산하였다. 또한 총 전하량 대 누설전하량의 비로써 신호대잡음비(Signal to Noise Ratio)가 계산되었다.

$$Q = \int I dt = \frac{2}{R} \int V dt$$

$$= \frac{2 \times 10^5 \times \int V dt}{1.5^2} \quad [pC/cm^2]$$

그림 3은 hybrid 형 다층구조의 누설전류 및 X선 sensitivity를 측정하기 위한 시스템 구성도를 도식화한 것이다.

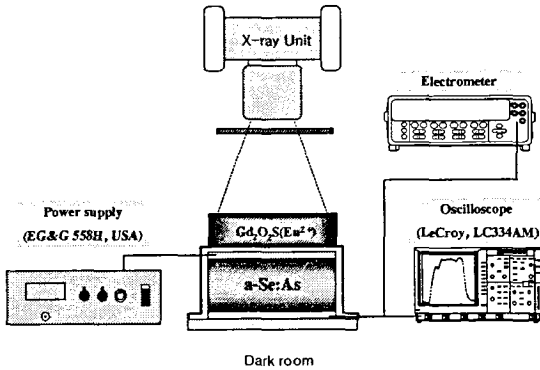


그림 3. 누설전류 및 X선 sensitivity 측정을 위한 시스템 구성도

### 3. 결과 및 고찰

제작된 30 $\mu$ m 두께의 시편에 대해 As 조성비 별로 측정된 누설전류(Dark Current)와 광전류(Photo Current)를 표 1에 나타내었다.

제작된 시편에 대한 X선 반응 측정 결과는 표 1과 같이 6V/ $\mu$ m의 전압을 인가했을 때 0.3%의 As 조성비일 경우의 net charge값이 315.7pC/cm<sup>2</sup>/mR로 가장 좋은 결과 값을 보였으며 As의 조성비가 0.3%를 초과 시 net charge 값이 감소하는 경향을 나타내었다. 또한 As의 조성비에 따른 신호대잡음비 역시 As의 조성비가 0.3%일 경우 99.4로 가장 좋은 값을 나타내었으며 이후 As의 첨가비가 증가할수록 감소하는 경향을 보였다.

표 1. 누설전류, 광전류 및 SNR

As 조성비	Dark Charge (pC)	Photo Charge (pC)	Net Charge (pC)	SNR
0.1 %	3	273	270	91
0.3 %	3.2	318.2	315.7	99.4
0.5 %	3.7	276.2	272.5	74.65
1 %	4	246.3	242.3	58.5
1.5 %	4.2	245.7	241.5	56.5
3 %	4.7	209.7	205	44.6
5 %	5	203	198	40.6

그림 4는 a-Se에 첨가된 As의 조성비에 따른 net charge 값의 변화를 그래프 화 한 것이다.

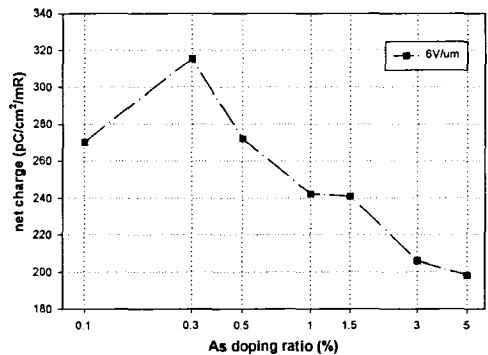


그림 4. As 조성비 변화에 따른 net charge 값

### 4. 결론

본 연구는 X선 검출기의 직접 및 간접 방식의 단점을 보완하고 두 시스템이 가지는 장점을 최대화하기 위한 Hybrid 방식의 적용에서 다층구조(Gd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S(Eu<sup>2+</sup>)/a-Se)에 첨가된 As의 조성비가 X선 검출센서에 미치는 전기적인 영향에 관한 연구

이다.

As은 X검출을 위한 직접 방식에서 광전도층으로 사용되는 a-Se의 결정화 방지를 목적으로 일정량 첨가되는 dopant로 그 첨가비에 따른 검출센서의 전기적인 영향을 I-V 특성을 측정함으로써 평가하였다.

본 연구를 통해 ( $Gd_2O_2S(Eu^{2+})$ ) Phosphor layer를 포함하는 Hybrid 형 X선 검출기에서 첨가되는 As의 조성비에 따라 검출기의 전기적 특성이 변화함을 알 수 있었고, 최적의 X선 민감도를 가지는 As 조성비를 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구는 Hybrid 방식의 디지털 평판형 X선 검출기의 가능성을 제시하고 향후 개발될 Hybrid 형 X선 영상 검출기의 구조 설계와 시스템 최적화를 위한 기초 자료로 활용될 것이다.

### 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"
- [5] National Physical Laboratory, New Delhi-110, India "Effect of combinational doping on x-ray sensitivity of a-Se films"
- [6] C. Haugen, S. O. Kasap, AND J. Rowlands. "Charge transport and electron -hole-pair creation energy in stabilized a-Se x-ray photoconductors", *J. Phys. D: Appl. Phys.* Vol. 32, pp. 200-207, 1999
- [7] Robert E. Johanson, S. O. Kasap, J. Rowlands, B. Polischuk. "Metallic electrical contacts to stabilized amorphous selenium for use in X-ray image detectors", *J. Non-Crysta. Solids*, Vol. 227-230, pp. 1359, 1998
- [8] A. Yu. Leiderman and M. K. Minbaeva. "Mechanism of Rapid Growth of the Direct Current in Semiconductor Diode Structures", *Semiconductors*, Vol. 30, No. 10, pp. 905, 1996
- [9] W. Zhao, J. A. Rowlands. A Large Area Solid-State Detector For Radiology Using Amorphous Selenium. *Spie, Phys. Med. Imaging Iv*, 1992 ; Vol.535
- [10] S. O. Kasap, *Photoreceptors : The Selenium Alloys : Arthur S. Diamond : Marcel Dekker*, 1991:329-372
- [11] D. L. Lee, L. K. Cheung, And L. S. Jeromin. A New Digital Detector For Projection Radiology, *SPIE 1995;Vol. 2432:237*
- [12] Wei Zhao And James Law. Digital Radiology Using Active Matrix Readout Of Amorphous Selenium : Detectors With High Voltage Protection, *Med. Phys. April*. 1988