

# ZnS:Ag phosphor를 이용한 hybrid 형 X-ray detector 특성 연구

## The characteristic study of hybrid X-ray detector using ZnS:Ag phosphor

박지균<sup>1)</sup>, 강상식<sup>\*</sup>, 이동길<sup>\*</sup>, 차병열<sup>\*</sup>, 남상희<sup>2)</sup>, 최흥국<sup>\*\*</sup>

Ji-koon Park<sup>\*</sup>, Sang-sik Gang<sup>\*</sup>, Dong-gil Lee<sup>\*</sup>, Byeong-yeol Cha<sup>\*</sup>, Sang-hee Nam<sup>\*\*</sup>, Heung-kook Choi<sup>\*\*</sup>

### Abstract

Photoconductor for direct detection flat-panel imager present a great materials challenge, since their requirements include high X-ray absorption, ionization and charge collection, low leakage current and large area deposition. Selenium is practical material. But it needs high thickness and high voltage in selenium for high ionization rate. We report comparative studies of detector sensitivity. One is an a-Se with 70 $\mu$ m thickness on glass. The other has hybrid layer of depositing ZnS phosphor with 100 $\mu$ m on a-Se. The leakage current of hybrid is similar to it of a-Se, but photocurrent is lager than a-Se. Both of them have high spatial resolution, but hybrid has higher sensitivity than a-Se at comparable bias voltage.

**Key Words :** hybrid, amorphous selenium, phosphor, dark current, X-ray sensitivity, parylene

### 1. 서 론

X선 영상 검출기에서 사용되는 광도전 물질은 많은 기능적 요구조건들이 있다. 우선 높은 X선 흡수율을 가져야 하며 높은 비저항을 가져 누설전류(Leakage Current)가 낮아야 한다. 또한 X선에 대한 전자-정공쌍(Electron-Hole Pairs)을 많이 만들어 내기 위해 광자효율(Quantum efficiency)이 높아야 하며, 이로 인해 신호대 잡음비(SNR)가 높은 영상을 획득할 수 있다. 뿐만 아니라 이러한 광도전체 내부에서 발생된 전하를 인가전장(electric field)에 의해 수집전극으로 이동하는 과정에서 전하 트랩(trap)에 의한 전하손실이 없어야 한다.

X선 변환물질로서는 Si, Ge 등과 함께 a-Se, PbI<sub>2</sub>, TlBr, Cd(Zn)Te 등이 일반적으로 사용되고 있다. 그 중에서도 비정질 셀레늄은 CdZnTe(~

10<sup>10</sup>), PbI<sub>2</sub>(~10<sup>12</sup>) 등의 물질보다 비저항이 10<sup>13</sup>  $\Omega$ -cm 정도로 매우 높기 때문에 누설전류(leakage current)가 다른 물질에 비해 극히 낮다. 또한 셀레늄은 X선 뿐 아니라, 가시광선에 대해서도 EHP를 발생시키는 장점을 가지고 있다. 그러나 셀레늄의 단점은 낮은 원자번호에 기인하여 X선 흡수율이 낮기 때문에 흡수를 높이기 위해서는 수백  $\mu$ m 이상의 두께를 가져야 된다. 그러므로 이러한 두께에서 발생전하의 수집효율을 높이기 위해  $\mu$ m 당 수십 V의 전압을 인가해야 하는 단점을 가지고 있다. 따라서 이러한 단점을 보완하기 위해 기존 셀레늄의 흡수 파장대와 일치하는 가시광선 발생을 위한 층을 셀렌층 위에 증착하였다. 이를 통해 EHP 발생을 위해 두께가 증착된 셀레늄의 두께를 현저히 줄일 수 있었으며, 이로 인해 검출기의 인가전장 또한 낮출 수 있었다. 70 $\mu$ m 두께의 셀레늄이 증착된 시편과 같은 시편에 100 $\mu$ m 두께의 ZnS 형광층을 증착하여 동일한 인가전장에 대한 net

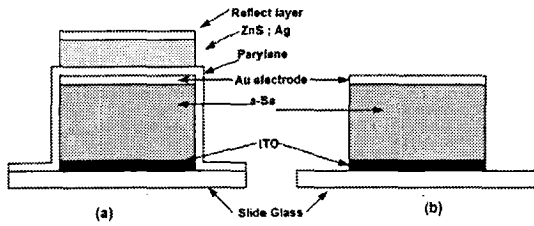


그림 1. 제작된 2가지 타입의 시편 단면 구조

(a)type : hybrid 구조 (b)직접방식 구조

Fig 1. The fabricated 2 kind of types samples structure

(a)type : hybrid structure

(b)type : direct method structure

charge와 photo-sensitivity를 측정 비교하였다. 본 연구에서는 ZnS 형광층이 X선 반응 특성에 미치는 영향을 I-V 측정을 통해 분석하고, 기존 방식의 단점을 보완하는 X선 receptor 구조의 최적화에 그 목적이 있다.

## 2. 실험

### 2.1 실험 시편

본 연구의 제작된 셀레늄 시편은 순도 99.999% (5N)으로 미량의 Arsenic 0.3% 및 Chlorine 30ppm을 첨가하여 시편의 재결정화 방지 및 전자-정공의 이동을 극대화 시켜 Thermal Evaporation 방식으로 증착을 하였다. 준비된 glass는 30 분간 초음파 세척을 하고, D.I water로 세척 후 질소 gun으로 수분을 제거하였다. a-Se 제작을 위하여 mechanical pump와 diffusion pump를 이용하여 챔버 내부 진공을  $10^{-6}$  Torr 정도로 유지시킨 후 pallet 형태의 셀레늄 원료를 SUS 306으로 제작된 Source boat로부터 증발시켜 약 70  $\mu\text{m}$  정도를 두께를 형성시켰다.

Hybrid 형태의 시편을 제작하기 위해 Spin coater 장비를 이용하여 100 $\mu\text{m}$  두께의 ZnS 형광층을 셀레늄 위층 형성하였다. 조사되는 X선에 의해 형광층에서 발생하는 light는 셀레늄 층에서 흡수되어진다.

누설전류(Dark current) 측정은 고전압발생기 (EG&G 558H, USA)를 이용하였으며 암실에서

시편의 양단에 고전압을 인가 후, 발생하는 전류를 Electrometer(Keithley 6517A, USA)를 이용하여 측정하였다. 또한 X선 조사에 의한 신호발생량을 측정하기 위한 회로를 Fig 2와 같이 구성하였다.



본 실험에서 인가한 전압은 10V/ $\mu\text{m}$ 로 하였으며 시편에 대한 X-ray의 조사조건은 차폐체(AI 및 Cu)를 이용하여 3.75mR의 균일 조사선량으로 측정하였다. X선 발생기는 Shimadzu社 TR-500-125 Radio-Texcxs를 사용하였다.

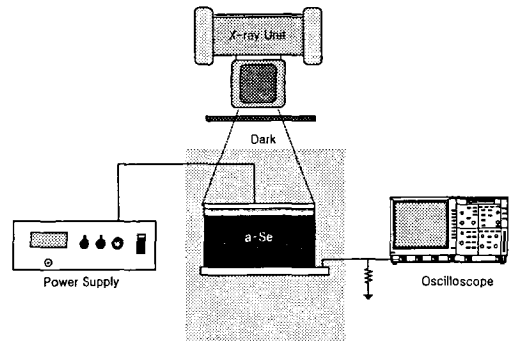


그림 2. X-ray sensitivity 측정을 위한 시스템 구성도  
Fig 2. The system schematic for X-ray sensitivity measurement.

X선 민감도를 계산하기 위해 Oscilloscope를 통해 얻어진 전압값을 X선이 조사된 시간 영역에서 적분하고, 그 값을 사용된 저항치로 나누어 줌으로써 발생한 총 전하량을 계산할 수 있다. 총전하량(Q)와 전류(I)는 검출 회로 구성에 의해 다음의 수식으로 계산할 수 있다.

$$Q = \int Idt = \frac{2}{R} \int Vdt$$

$$I = \frac{dQ}{dt} = \frac{2}{R} \frac{d}{dt} \int Vdt = \frac{2V}{R}$$

### 3. 결과 및 고찰

그림 3은 그림 1.(a)-type의 Hybrid 구조의 X-선 검출기에서 X-선의 관전압에 따른 Net Charge의 분포를 나타내고 있다.

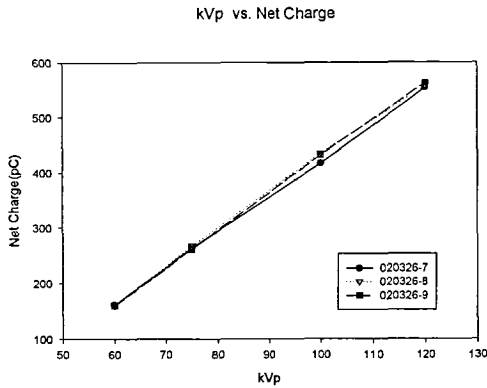


그림 3. 관전압에 따른 순수 전하량

Fig 3. kVp vs. net charge

제작된 hybrid 형 시편(시편번호:020326-7,8,9) 모두 X선 관전압이 상승함에 따라 발생된 전하량 분포가 선형성(linearity)을 가지는 것으로 나타났다. 이는 진단 영역의 X선 관전압 범위에서

제작된 두 타입의 시편에 대해 30회 반복 측정하여 그 평균값에 대한 분포를 평가하였다. 표 1은 제작된 시편에 대해 측정된 누설전류 및 광전류 그리고 민감도를 아래의 표에 나타내었다.

표 1. 측정된 누설전류와 광전하량

Table 1. Measured Leakage current, Photocharge and X-ray Sensitivity[pC/mR/cm<sup>2</sup>]

구분	누설전류 (nA)	광전하 (pC)	민감도 (pC/mR/cm <sup>2</sup> )
a-Se(70 $\mu$ m)	0.7	230	219
Hybrid	0.8	264	251

그림 4는 hybrid 방식의 시편과 직접 방식의 시편에 대한 dark-current와 photo-charge 그리고 X-선 민감도를 그래프화 하였다.

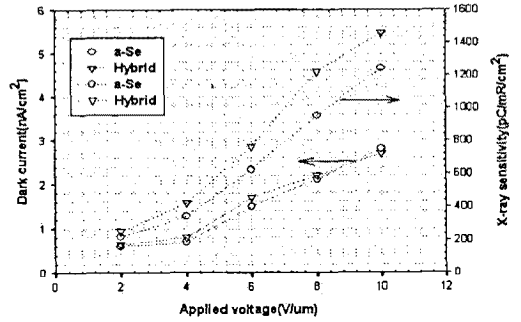


그림 4. 인가전압에 따른 누설전류와 X-선 민감도

Fig 4. Dark-current and X-ray sensitivity

기존의 직접방식 보다 Hybrid 형 시편에서 높은 X-선 민감도를 보이는 것을 알 수 있다.

### 4. 결론

본 연구에서는 기존 a-Se를 이용한 X선 검출기에서 생성되는 EHP 양을 증가시키기 위해 기존의 조사되는 X선에 의해 광도전층에서 직접 발생한 전자-정공쌍에 의한 신호와 형광체 층에서 발생한 가시광에 의해 변환된 전기적 신호를 동시에 검출할 수 있는 방법을 제시하고자 하였다. 이에 직접 방식에서 사용되고 있는 X선 receptor인 a-Se의 흡수 파장대와 동일한 빛을 방출하는 ZnS 계열의 형광층을 셀레늄 위에 형성하여 X선에 의한 민감도를 측정하여 비교·분석하였다. 그 결과 본 연구에서 제안한 Hybrid형 X선 receptor 구조에서 기존 직접방식의 X선 receptor 구조에서 발생된 전기적 신호량보다 우수한 전기적 신호량이 발생되었음을 확인할 수 있었다. 이는 기존 방식의 광도전체 층에서의 직접 X선에 의해 야기된 신호와 형광층에서 발생한 가시광선을 형광체층 하층의 광도전체 층에서 흡수하여 간접적인 신호를 동시에 검출한 것으로 판단된다. 이러한 결과는 기존의 디지털 방사선 검출장치에 비해 훨씬 더 높은 전기적 신호 발생량을 도출할 수 있을 것으로 판단되며, 또한 현재 셀레늄을 이용한 방사선 검출기의 수 백  $\mu$ m 정도의 두꺼운 셀레늄 박막 형성의 난이

함 및 이로 인한 높은 전기장 인가에 따른 문제 등의 해결책을 제시해 줄 수 있을 것으로 생각된다. 보다 우수한 성능의 검출기 개발을 위한 향후의 연구 방향은 누설전류 저감에 대한 많은 연구 및 형광층과 셀레늄 층과의 최적의 두께에 대한 연구 등 많은 연구들이 수행되어야 할 것으로 사료된다.

#### 감사의 글

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

#### 참고 문헌

[1] National Physical Laboratory, New Delhi-110, India "Effect of combinational doping on x-ray sensitivity of a-Se films

[2] W. Q ue, and J. A. Rowlands. "X-ray Imaging using Amorphous Selenium : Inherent Spatial Resolution", Med. Phys., Vol. 22, No. 4, pp. 365-373, 1995

[3] 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

[4] 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-Cryst. Solids, Vol. 227-230, pp. 1539, 1998

[5] 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