

a-Se 기반의 혼합형 X-선 검출기에서 유전층의 누설전류 저감효과

The dark-current and X-ray sensitivity measurement of hybrid digital X-ray detector having dielectric layer structure

석대우¹⁾, 박지운^{*}, 조진욱^{*}, 이동길^{*}, 문치웅^{**}, 남상희²⁾

(Dae-Woo Seok^{*}, Ji-Koon Park^{*}, Jin-Wook Joh^{*}, Dong-Gil Lee^{*}, Chi-Woong Moon^{**}, and Sang-Hee Nam²⁾)

Abstract

In this paper, the electric properties of amorphous selenium multilayer samples has been investigated. In order to develop the hybrid flat-panel digital X-ray image detector, we measured and analyzed their performance parameters such as the X-ray sensitivity and dark-current for a amorphous selenium multilayers X-ray detector with a phosphor layer. The hybrid digital X-ray image detector can be constructed by integrating a phosphor layer (or a scintillative layer) that convert X-ray to a light on a-Se photoconduction mulilayers that convert a light to electrical signal.

As results, the dielectric materials such as parylene between the phosphor layer and the top electrode may reduce the dark-current of the samples. Amorphous selenium multilayers having dielectric layer(parylene) has characteristics of low dark-current, high X-ray sensitivity. So we can acquired a enhanced signal to noise ratio.

In this paper offer the method can reduce the dark-current in the hybrid X-ray detector.

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

1. 서 론

본 연구는 hybrid 형 디지털 방사선 검출기의 개발에 있어서 X-선 반응 물질의 물리적, 전기적 성능을 측정, 분석함으로써, 검출기 설계에 필요한 기초 자료를 제공하는데 그 궁극적인 목적이 있다. X-선에 의한 영상 신호를 전기적인 신호로서 획득, 영상처리하여 실제 영상을 구성하는 기술, 즉 X-선 영상을 디지털화 하는 기술을 디지털 방사선(Digital Radiography; 이하 DR)이라고 한다. X-선의 변환 방식에 따라 직접변환방식과 간접변

환방식으로 구분할 수 있다.

직접방식의 경우, 입사되는 방사선의 흡수량을 증가시키기 위하여 광도전체인 a-Se을 수백 μ m 이상 형성시키기 때문에 수십 kV의 고전압을 인가해야 하는 큰 단점을 가지고 있다. 간접방식의 경우에는, phosphor에서 발생한 광을 검출하기 위해 수광 소자를 TFT 단위 셀 내에 제작하여야 하는 제작 공정의 복잡성을 가지며, fill-factor의 감소와 빛의 blurring으로 인한 resolution의 감소라는 단점을 내재하고 있다.

셀레늄의 특징을 살펴보면, 셀레늄은 X선 뿐 아니라, 가시광선에 대해서도 electron-hole pair(이하:EHP)를 발생시키는 장점을 가지고 있다. 그러나 셀레늄의 단점은 낮은 원자번호에 기인하여 X선 흡수율이 낮기 때문에 흡수를 높이기 위해서는 수백 μm 이상의 두께를 가져야 된다. 그러므로 이러한 두께에서 발생전하의 수집효율을 높이기 위해 μm 당 수십 V의 전압을 인가해야 하는 단점을 가지고 있다. 따라서 이러한 단점을 보완하기 위해 기존 셀레늄의 흡수 파장대와 일치하는 가시광선 발생을 위한 ZnS:Ag phosphor 층을 셀렌층 위에 증착하였다. 이를 통해 EHP 발생을 위해 두껍게 증착된 셀레늄의 두께를 현저히 줄일 수 있었으며, 이로 인해 검출기의 인가전장 또한 낮출 수 있었다.

본 연구는 직접방식과 간접방식의 장점을 취한 hybrid 형 X선 검출기에서 phosphor layer를 증착함에 따라 dark-current이 상승되는 현상을 phosphor layer와 Au 전극 사이에 유전체 층을 삽입함으로서 dark-current를 저감할 수 있다는 연구에 관한 것이며, 기존 방식의 단점을 보완하는 X 선 receptor 구조의 최적화에 그 목적이 있다.

2. 실험

2.1 실험 시편

본 연구에서 시편제작에 사용된 증착기는 SPCL Thermal Evaporation System (표준진공제작, 지름1300 μm)이며 셀레늄 시료는 순도 99.999% (5N)이며, 미량의 Arsenic 0.3% 및 Chlorine 30ppm을 첨가하여 시편의 재결정화 방지 및 전자-정공의 이동을 극대화시키고자 하였다.

준비된 corning glass는 아세톤, 에탄올 순으로 30 분간 초음파 세척을 하고, DI 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 boat로부터 증발시켜 약 70 μm 정도의 두께로 형성시켰다.

형성된 a-Se 층위에 유전층 증착시스템(SCS社, PDS 2060)으로 형성하였다. I-V 측정을 위한 전극은 Au(Cerac, 99.99%) wire로 10^{-6} Torr 정도에서 열증착법으로 증착시켰으며, 증착된 Au 박막의 두께는 약 200 nm 정도로 측정되었다. a-Se의

두께는 70 μm 이며 phosphor layer의 두께는 spin coating 방식으로 100 μm 로 제작하였다. 그림 1는 제작된 시편 및 단면구조를 나타낸 것이다.

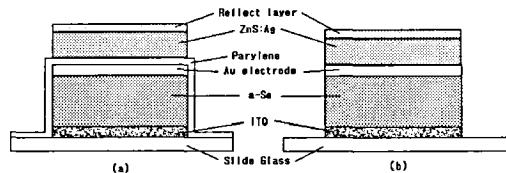


그림 1. 제작된 두 가지 타입의 시편 단면구조.

Fig 1. Two kind of types of the fabricated samples.

그림 1과 같이 Au electrode 위에 phosphor를 도포하기 전에 유전층을 증착한 시편(a)과 그렇지 않은 시편(b)의 X-ray 특성 반응을 I-V 측정을 통해 비교하였다.

2.2 실험장치

누설전류(Dark current) 측정은 고전압발생기 (EG&G 558H, USA)를 이용하였으며 암실에서 시편의 양단에 고전압을 인가 후, 발생되는 전류를 Electrometer(Keithley 6517A, USA)를 이용하여 측정하였다.

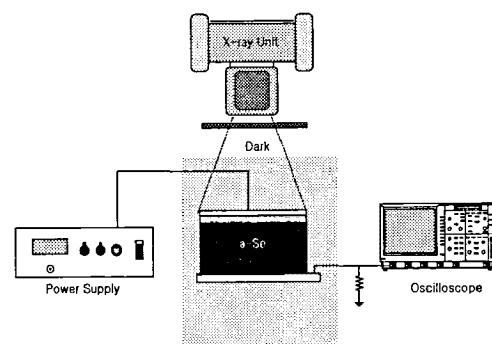


그림 2. X-ray sensitivity 측정을 위한 시스템 구성도.

Fig 2. The system schematic for X-ray sensitivity measurement.

그림 2는 hybrid 형 다층구조의 X선

sensitivity를 측정하기 위한 시스템 구성도를 도식화하였다.

본 실험에서 인가한 전압은 $10V/\mu m$ 로 하였으며 X선 발생기는 Shimadazu 社 TR -500-125 Radio-Texcx-s를 사용하였다. X-선 조사 조건은 75kVp, 100mA, 30msec이며 조사선량은 3.66mR으로 측정되었다.

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)과 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

표 1은 그림 1과 같이 Au electrode 위에 phosphor를 도포하기 전에 유전총을 층착한 시편(a)과 그렇지 않은 시편(b)의 X-ray 특성 반응을 I-V 측정을 통해 비교한 결과를 보여준다.

표 1. 누설전류 및 광전하량.

Table 1. Dark, photo-charge and net charge.

구분	Dark Current (pC)	Photo Charge (pC)	Net Charge (pC)	SNR
(a) type	6	298	295	49.7
(b) type	42	332	290	7.9

Au 전극과 phosphor 박막 사이에 유전총을 삽입한 (a)type의 Dark-charge는 6pC이었으며, Top 전극 위에 바로 phosphor layer를 형성한 구조의 (b)type 시편에서 측정한 Dark-charge는 42pC으로 상당히 높았다. dark-current의 상승으로 인해 parylene layer가 없는 시편의 신호대 잡음비는 아주 작았다.

그림 3은 ZnS:Ag phosphor 물질의 흡수파장 스펙트럼을 나타내고 있다. ZnS:Ag는 X-선에 의해

기존 셀레늄의 흡수 파장대와 일치하는 가시광선을 발산하기 때문에 hybrid 형 X-선 검출기는 X-선에 의한 직접적인 효과와 ZnS:Ag에서 발생하는 빛에 의한 간접적인 효과를 모두 활용할 수 있어 X-ray에 대한 Sensitivity를 향상시킬 수 있다.

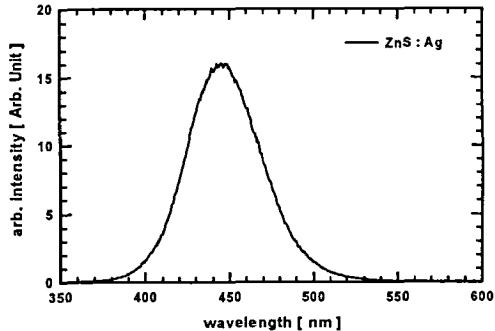


그림 3. ZnS:Ag phosphor의 흡수 스펙트럼.

Fig 3. Absopstion spectrum of the ZnS:Ag phosphor.

Dark-current가 상승한 이유는, phosphor layer를 형성하는 과정에서 phosphor + slurry의 H_2O 성분과 a-Se의 반응으로 사료되며, 이를 해결하기 위하여 Top 전극의 상면에 parylene을 coating한 후 phosphor layer를 형성 시키고 photo-current와 dark-current를 각각 측정하였다. 측정 결과, phosphor layer의 형성으로 인한 dark-current의 상승이 없었다.

4. 결 론

본 연구는 X-선 receptor인 a-Se을 이용한 다층 구조의 X-선 검출기의 설계시, 직접방식의 X-선 검출기 구조에 ZnS:Ag와 같은 phosphor layer를 결합한 hybrid 형 X-선 검출기에 관한 연구이다.

X-선에 의해 가시광 영역의 빛을 발하는 phosphor layer를 기존의 직접방식의 X-선 검출기 구조에 결합함으로서 전자 정공의 발생량을 증가시킬 수 있다. hybrid 형 다층구조의 X-선 검출기의 설계 시 phosphor layer에 의해 누설 전류가 증가하는 현상을 방지하기 위한 목적으로 Au 전극과 phosphor 박막 사이에 유전총을 삽입함으로서 유전총의 영향을 I-V 특성을 측정함으로써 평가하였다.

Phosphor layer를 포함하는 hybrid 형 X-선 검출기에서 Au 전극과 phosphor 박막 사이의 유전충은 누설 전류를 저감하는 효과가 있어 a-Se에서 발생된 신호대 잡음비(SNR)가 향상됨을 알 수 있다. 따라서 본 연구는 Hybrid DR 구조를 가진 디지털 평판형 X-선 검출기의 가능성을 제시하고 향후 개발될 hybrid 형 X-선 영상 검출기의 구조 설계시 기초 자료로 활용될 것이다.

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-Crysta. 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