

CaWO₄/a-Se 구조의 X선 변환센서에서 a-Se의 Arsenic 첨가량에 따른 반응 특성

강상식, 석대우, 조성호, 김재형*, 남상희*
인제대학교 의생명공학대학 의용공학과, 인제대학교 의료 영상 연구소*

The Response Characteristics of as Addition Ratio of Arsenic in CaWO₄/a-Se based X-ray Conversion Sensor

Sang-Sik Kang, Dae-Woo Suk, Sung-Ho Cho, Jae-Hyung Kim*, Namg-Hee Nam*
Department of Biomedical Engineering, College of Biomedical Science and Engineering, Inje University
* Medical Imaging Research center of Inje University

Abstract

There are being two prominent studying for Digital Radiography. Direct and Indirect method of Digital Radiography are announced for producing high quality digital image. The one is using amorphous selenium as photoconductor and the other is using phosphor layer as a light conversion. But each two systems have strength and weakness such as high voltage and blurring effect. In this study, we investigated the electrical characteristic of multi-layer(CaWO₄+a-Se) as a photoconductor according to the changing arsenic composition ratio. This is a basic research for developing of Hybrid digital radiography which is a new type X-ray detector. The arsenic composition ratio of a-Se compound is classified into 7 different kinds which have 0.1%, 0.3%, 0.5%, 1%, 1.5%, 5%, 10% and were made test sample throught thermo-evaporation. The phosphor layer of CaWO₄ was overlapped on a-Se using EFIRON optical adhesives. We measured the dark and photo current about the test sample and compared the electrical characteristic of the net charge and signal-to-noise ratio. Among other things, test sample of compound material of 0.3% arsenic showed good characteristic of 2.45nA/cm² dark current and 357.19pC/cm²/mR net charge at 3V/ μ m.

Keyword : hybrid, photoconductor, phosphor screen, multi-layer, vacuum evaporation, digital radiography

1. 서론

의학 장비와 컴퓨터 기술의 꾸준한 발전에 의해 film과 기존 X선 영상 검출 장비를 대체하는 디지털 영상 검출 장치의 연구가 있어왔다. 이러한 디지털 영상검출기의 시스템은 직, 간접 방법으로 나누어진

다. 간접방식은 기존의 필름방식과 유사한 방식으로, X-선 형광물질을 사용하여 조사된 X-선을 일단 가시광으로 변환한 뒤 비정질 실리콘을 사용하여 이를 다시 전기신호로 변환하는 방식을 말한다. 이에 반해 직접방식은 비정질 셀레늄 등 조사된 X-선에 대해 바로 전자-정공 쌍을 생성시키는 물질을 감응

물질로 사용하는 경우로서 발생하는 전하를 수집 주사함으로써 직접 전기신호를 얻을 수 있으므로 직접 방식 이라 한다.

직접 변환 방식 receptor로 쓰이는 광도전층의 요건으로는 대면적 증착이 용이해야 하며 누설전류가 낮고 X선에 대한 민감도가 높아야 한다. a-Se은 다른 광전도성 물질에 비하여 누설전류가 적은 장점을 가지고 있으며 진공증착에 의해 비정질 상태의 대면적 구현이 가능하다. 이러한 a-Se은 조성비에 따라 전기적 특성이 달라진다. 즉 순수한 a-Se만을 이용하여 X선 변환층을 제작할 때 보다 전자의 전달특성을 개선하기 위해서 약간의 불순물을 첨가해 줌으로써 검출효율을 높이고 따라서 변환효율도 높아지게 된다. 그림 1은 이러한 직·간접 방식의 간단한 원리를 보여주는 그림이다.

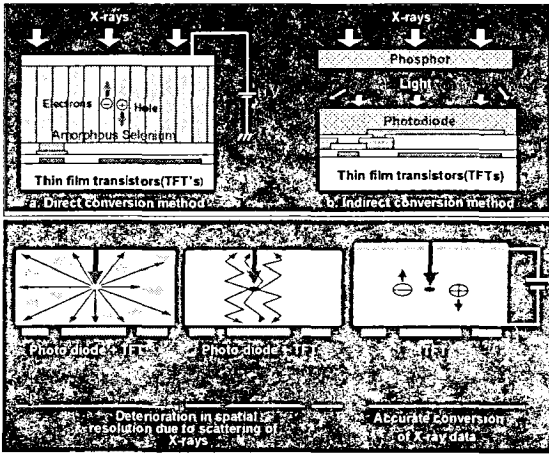


그림 1. 직·간접 방식의 방사선 검출기

그러나, 이들 두 방식들은 각각의 장·단점을 가지고 있다. 간접방식에서는 형광물질에 의한 영상의 blurring 문제가 가장 큰 문제로 언급되고 있으며 직접 방식에서는 전자·정공을 수집하기 위해서 매우 높은 전압이 인가된다는 것이다. 이에 따라 최근 본 연구실에서 수행하고 있는 hybrid 방식은 각각의 장점을 도입하여 단점을 보완하기 위한 방법으로 직접 방식과 간접방식을 혼합한 것이다. 직접방식에 사용되고 있는 a-Se은 X-ray에 대한 특성 뿐만 아니라 빛에 대한 특성 또한 우수하다고 보고되고 있다. 이에 a-Se층위에 형광물질층을 올려 X-ray와 상호작용에 의한 검출 뿐 아니라 X-ray와 형광물질의 상

호작용으로 나타난 빛의 검출을 더함으로써 검출기의 검출효율을 최대한으로 높이고자 하는 것이다. 따라서 a-Se층위에 또하나의 형광물질층을 올린 다층구조(a-Se/CaWO₄)의 시편에서 a-Se의 재결정화방지를 위해 도핑하는As 조성비에 따른 X-ray 및 광 효율을 측정함으로써 Hybrid 방식의 검출기에서 최적의 조성비를 보이는 a-Se의 조성비를 찾고자 하는 것이다.

2. 실험

2.1 실험장치

본 연구를 위해 제작된 Se 시편은 순도 99.999% (5N)으로 이에 As이 실험조건에 따라 7단계(0.1, 0.3, 0.5, 1, 1.5, 5, 10%)로 나누어 도핑하였다. 시편 제작에 앞서 glass는 30 분간 초음파 세척을 하고, D.I water로 세척 후 질소 gun으로 수분을 제거하였다. 하부전극은 sputtering에 의해 ITO를 유리기판(corning glass, 2×5cm)위에 형성하였다. 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 30 μm 정도를 두께를 형성시켰다. 상부전극은 ITO로서 7φ로 형성, 이에 유전층을 증착하였다. 이에 CaWO₄로 구성된 phosphor 층을 EFIRON optical adhesives (OA9352HT)를 이용하여 다층구조를 형성하였다. 조사되는 X선에 의해 형광물질층에서 발생하는 light는 셀레늄 층에서 흡수되어진다. 그림 2는 이런 시편의 구조를 나타낸다.

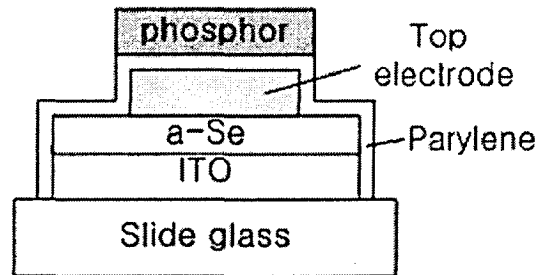


그림 2. 시편의 단면도

2.2 민감도 측정

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

편의 양단에 고전압을 인가 후, 발생되는 전류를 Electrometer(Keithley 6517A, USA)를 이용하여 측정하였다. 또한 X선 조사에 의한 신호발생량을 측정하기 위한 회로를 그림 3과 같이 구성하였다.

전압에 따른 X선 민감도를 측정하기 위하여 전압은 3, 6, 9V/ μm 로 하였으며 시편에 대한 X-ray의 조사조건은 차폐체(Al 및 Cu)를 이용하여 12.5mR의 균일 조사선량으로 측정하였다. X선 발생기는 Shimadzu 社 TR -500-125 Radio-Textcx-s를 사용하였다.

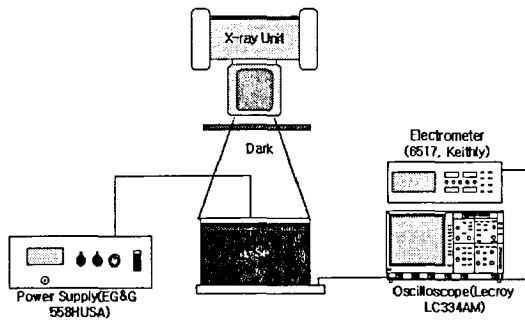


그림 3. 민감도 측정을 위한 시스템

X선 민감도를 계산하기 위해 Electrometer의 preamp out 단자를 Oscilloscope channel에 연결하였다. Electrometer는 1nA를 1V로 Oscilloscope display함으로서 시간에 따른 전류의 변화를 관찰할 수 있다. Electrometer와 Oscilloscope를 통해 얻어진 전류값을 X선이 조사된 시간 영역에서 적분하여 계산함으로서 총전하량을 계산하였다. 1nA를 1V로 display하기 때문에 적분된 값에 10^{-9} 을 곱함으로서 총전하량을 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

제작된 시편에 대한 I-V 측정을 통해 As 조성비에 따른 X선 민감도를 측정하였다. 그림 4는 다층구조에서 3, 6, 9V/ μm 에서 As 조성비에 따른 photo net charge값을 나타낸다.

그림 5는 3V/ μm 일때 dark current값과 photo current값으로 SNR 비를 구한 것이다.

다층구조 방사선 센서로서 As조성비가 0.3%일때 net charge값이 3V/ μm 일 때 357.19pC/cm²/mR으로 가장 좋은 결과값을 보였으며 As의 조성비가 0.3% 초과 시 net charge 값이 떨어지는 경향을 나타내었

다. 또한 그림 4에서 보여준 파와 같이 SNR비는 As의 조성비가 0.3%일 때 145.8로 가장 좋은 결과를 나타내었다.

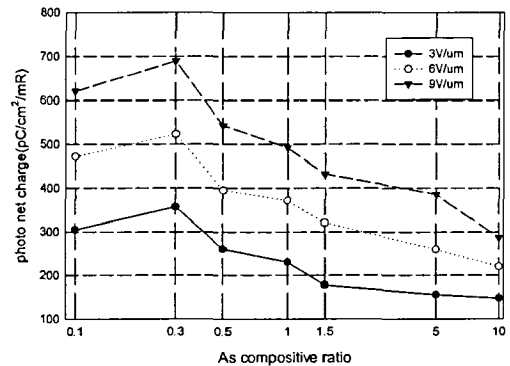


그림 4. As 조성비에 따른 순 전하량

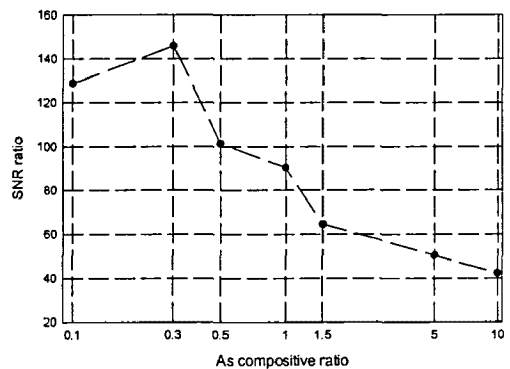


그림 5. As 조성비에 따른 신호대잡음비

4. 결론

본 연구에서는 기존 a-Se을 As 조성비에 따라 진공증착법을 이용하여 증착하였으며 이에 CaWO₄로 구성된 phosphor층을 EFIRON optical adhesives (OA9352HT)를 이용하여 다층구조를 형성하였다. 제작된 시편의 X선 민감도 측정을 통해 0.3% As이 첨가되었을 때 가장 높은 결과를 나타내었다. 또한 0.3% 이상에서는 As의 함유량이 많을수록 X선 민감도가 떨어지는 경향을 관찰할 수가 있었다. 또한 0.3% As 조성비에서 가장 높은 photo current로 인해 최고의 SNR비를 나타내었다. 이러한 결과는 현재 셀레늄을 이용한 Hybrid 방식의 방사선 검출기 개발을 위한 기초 자료가 될 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-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.