

다층구조(CaWO₄/a-Se) 기반의 X선 검출센서에서 a-Se에 첨가된 As의 특성비 연구

최장용, 이동길, 신정욱, 김재형*, 남상희*
인제대학교 의용공학과, 인제대학교 의료영상연구소*

The Study on Characteristic Composition of As in a-Se with X-ray Detection Sensor using CaWO₄/a-Se

Ji-Koon Park, Sang-Sik Kang, Gi-Won Jang, Hung-Won Lee*, Sang-Hee Nam*
Department of Biomedical Engineering of Inje University, Medical Imaging Research center of Inje University*

Abstract

The ultimate study of this research is to improve the properties of digital X-ray receptor based on amorphous selenium. There are being two prominent studying for Digital Radiography. Direct and Indirect method of Digital Radiography are announced for producing high quality digital image. But each two systems have strength and weakness. This is a basic research for developing of Hybrid digital radiography which is a new type X-ray detector. In this study, we investigated the electrical characteristic of multi-layer(CaWO₄+a-Se) as a photoconductor according to the changing iodine composition ratio. The iodine composition ratio of a-Se compound is classified into 5 different kinds which have 30ppm, 100ppm, 300ppm, 500ppm, 700ppm 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 700ppm iodine showed good characteristic of 2.53nA/cm² dark current and 479nC/cm² · mR net charge at 3V/μm.

Key Words : a-Se, photoconductor, CaWO₄, Vacuum Evaporation, Digital Radiography

1. 서 론

인류의 질병의 진단을 위해 인체의 내부를 비침습적으로 들여다보고자 현재까지 많은 연구가 진행되어져 왔다. 이는 1985년 독일의 물리학자 W.C.Roentgen의 Xtjs 발견으로 최초로 실현되었

으며, 100여년이 지난 현재는 질병의 진단 및 치료에 있어서 중요한 비중을 차지하는 분야로 발전하게 되었다. 현재 디지털 방사선 검출기 개발을 위해 a-Se 기반의 광도전체 물질의 연구가 활발히 진행되고 있다. X선의 변환방식은 흡수된 X선에 어떠한 물리적인 반응을 일으키느냐에 따라서 결정된다. X선의 흡수에 의해서 전기적인 신호를 받

생시키는 물질을 광도전물질 (Photoconductors) 이라 하며, 일반적으로 반도체라(PbI₂, CdZnTe, Se 등) 알려진 물질들이 이에 속한다. 이와 같이 X선의 흡수에 의해서 발생하는 전자-전공쌍(electron-hole pair)을 검출하는 방식을 직접변환방식이라 한다. 간접변환 방식은 X선을 형광체가 X-ray를 흡수하고 가시광을 방출한다. 이 가시광은 a-Se:H p-I-n 광 다이오드와 같은 광전 소자를 사용하여 전기적인 신호로 변환하여 검출하는 방식이다. 직·간접 방식은 고전압인가와 낮은 해상력 등 그 한계성을 드러내고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 이러한 단점들을 보완하기 위해 직·간접 방식을 혼합한 Hybrid 디지털 검출기를 개발하기 위한 기초연구로서 다층구조(CaWO₄)를 제작하였다. 제작 시편의 광도전 특성을 향상시키기 위해 첨가되는 Iodine의 조성비를 최적화 시키기 위해 진공열증착법을 이용하여 Iodine이 도핑된 비정질 셀레늄 시편(30 μ m)을 Iodine 조성비 변화 (30ppm, 100ppm, 300ppm, 500ppm, 700ppm)에 따라 제작하였다. 제작된 시편위에 CaWO₄로 구성된 phosphor층을 optical adhesives를 이용하여 다층구조를 형성하였으며, 제작된 시편에 대해 누설전류와 X선에 대한 photo current를 측정하여 net charge 및 신호대잡음비를 계산하여 비교하였다.

2. 실험

2.1 실험장치

본 연구의 제작 시편은 하부전극으로 ITO를 형성시킨 유리시편위에 Iodine 조성비에 따른 a-Se 층을 열진공증착법을 이용하여 20mm×20mm 넓이로 30 μ m로 제작하였으며, 상부 전극은 sputtering에 의해 a-Se위에 ITO를 형성하였다. 본 연구에서 제작한 다섯 종류의 시편은 a-Se에 Iodine이 30ppm, 100ppm, 300ppm, 500ppm, 700ppm을 각각 첨가하여 제작하였다. CaWO₄ 형광물질을 Luvantix에서 제공하는 EFIRON optical adhesives를 이용하여 상부전극위에 다층구조를 형성하였다. 제작된 시편에 대한 전기적 특성은 I-V 측정을 통해 수행하였다. 전압 인가를 위해 고전압 발생기(EG&G 558H, USA)를 사용, 파형 획득을 위하여 Oscilloscope (LC334AM Lecroy)를 이용, 누설 전류 및 photo current를 측정하기 위

해 Electrometer (Keithly, 6517) 장비를 사용하였다. X선 발생기는 Shimadzu 社 TR-500-125 Radio-Texc-x를 사용하였다. 전압 인가 시 누설 전류와 X선량 (70Kvp, 100mA, 30ms)에 대한 photo current를 측정하여 net charge를 계산하였다.

2.2 Sensitivity 측정

제작된 a-Se/Iodine+CaWO₄시편의 제작된 시편에 대해서 암전류(dark current) 측정을 위해 전압 발생기를 이용하여 양단에 전압을 인가하고 난 후, electrometer (Keithley 6517A, USA)를 이용하여 누설전류를 측정하였다. 그림 1은 이러한 누설전류를 측정하기 위해 실험 개략도를 나타낸 것이다. X선 변환물질의 X선 민감도의 측정은 누설전류의 측정과 비슷한 구조를 가진다. 그림 2는 X선 민감도를 측정하기 위한 실험 개략도를 나타내고 있다. 본 연구에 사용된 X선 발생기는 Shimadzu TR-500-125를 사용하였으며 신호획득을 위한 조사조건은 70kVp, 100mA와 30sec의 조사시간으로 고정하였다. 또한 방사선량 검출기는 Ion chamber 2060(Radical Cooperation 社)을 이용하여 조사선량을 측정하였다.

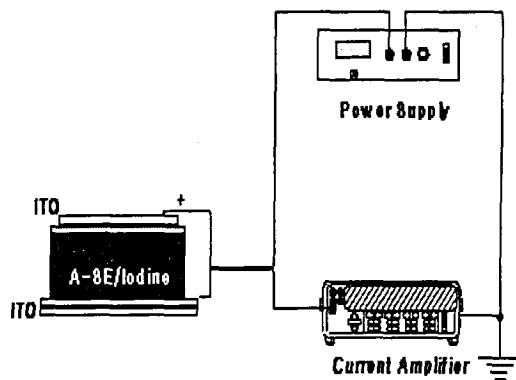


그림 1. 누설전류(Leakage current) 측정을 위한 시스템 구성도

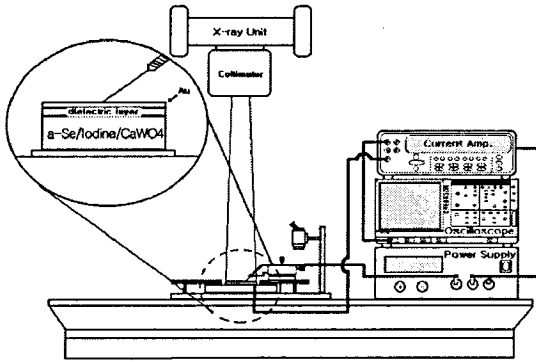


그림 2. 민감도 측정 시스템 구성도

조사 후, 유도전압 파형은 오실로스코프에 의해 획득되었으며 파형으로부터 총 전하량을 계산하기 위해 AcqKnowledge 3.0을 이용하였으며 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 제작된 a-Se/Iodine/CaWO₄ 시편의 단면구조를 나타낸 것이다.

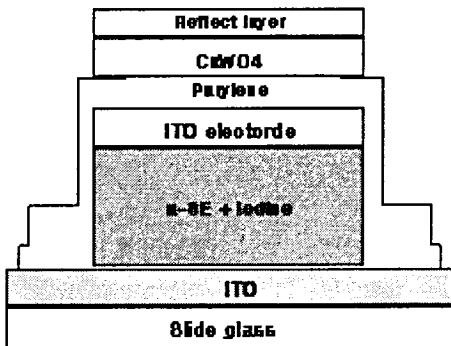


그림 3. 시편 구조

3. 결과 및 고찰

인가 전압에 따른 I-V 측정을 통해 Iodine 조성

비에 따른 net charge 값을 그래프로 나타내었다. 다층구조 방사선 센서로서 3V/μm에서 누설전류가 2.53nA/cm², net charge값이 479nC/cm² mR으로 가장 좋은 결과를 나타내었다.

표 1. 누설전류, Net charge 및 SNR

Iodine 조성비	Dark Current (nA)	Net charge (nC)	SNR
1	1.28	195	152.3
2	2.57	208	80.93
3	4.12	325	78.9
4	3.85	439	114.1
5	2.53	479	196.4

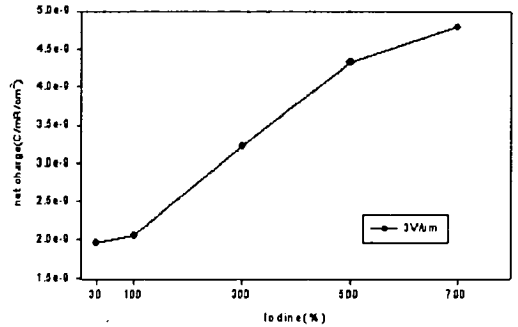


그림 4. Iodine vs net charge

4. 결론

본 연구에서는 기존 a-Se을 이용한 X선 검출기에서 Iodine 조성비에 따른 전기적 특성에 관한 연구를 수행하였다. a-Se과 iodine을 ITO위에 증착시켜 민감도를 비교 측정하였다. 방사선 검출기의 검출물질의 요건으로는 대면적 증착이 용이해야 하며, 그 성능이 최적조건을 나타내기 위해서는 누설전류가 낮고 X선에 대한 민감도가 높아야 한다. 위의 결과를 보면 알수 있듯이 Iodine의 조성비가 700ppm의 경우에 가장 좋은 결과가 나왔다. 이러한 결과는 현재 셀레늄을 이용한 방사선 검출기의 개선 방향 제시해 줄 수 있을것이라고 생각되며, 보다 우수한 성능의 검출기 개발을 위해 조성비에 따른 누설전류 net charge에 대한 많은 연구가 이

루어져야 할 것 이다.

감사의 글

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

참고 문헌

- [1] S. O. Kasap, Photoreceptors : The Selenium Alloys : Arthur S. Diamond : Marcel Dekker, 1991:329-372
- [2] D. L. Lee, L. K. Cheung, And L. S. Jeromin. A New Digital Detector For Projection Radiology, SPIE 1995;Vol. 2432:237
- [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
- [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