

혼합형 X선 센서에서 a-Se의 Iodine 첨가비 연구

공현기, 박지군, 최장용, 문치웅*, 남상희*
인제대학교 의생명공학대학 의용공학과
인제대학교 의료 영상 연구소*

The Study on Composition ratio of Iodine in Hybrid X-ray Sensor

Hyung-Gi Gong, Ji-Koon Park, Jang-Yong Choi, 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

At present, the study of direct digital X-ray detector and indirect digital X-ray detector proceed actively. But it needs high thickness and high voltage in selenium for high ionization rate. Therefore, we carried out the study of electric characteristics of a-Se with additive ratio of Iodine in drafting study for developing Hybrid X-ray Sensor for complementing direct digital X-ray detector and indirect digital X-ray detector in this paper. On this, there are formed Amorphous selenium multi-layers by sticking phosphor layer($Gd_2O_2S(Eu^{2+})$) using optical adhesives of EFIRON Co. Amorphous selenium multi-layers having dielectric layer(parylene) has characteristics of low dark-current, high X-ray sensitivity. So we can acquired a enhanced signal to noise ratio. We make Amorphous selenium multi-layers with $30\mu m$ thickness on glass.

Key Words : hybrid, photoconductor, phosphor screen, multi-layer, digital radiography

1. 서론

현재 필름을 사용하지 않는 디지털방사선(Digital Radiography; DR)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 디지털 영상의 장점은 우선 기존의 screen-film 방식보다 해상도가 우수하다는 것이다. 기존 방식은 필름의 감광률을 높이기 위하여 X-선량을 많이 주어 환자에 대한 피폭량이 상대적으로 커지는 단점을 가지고 있다. 그러나 디지털 영상의 경우에는 동일 선량에 대한 광자효율(Quantum Efficiency)가 우수하여 작은 선량을 가지고도 동일한 영상을 얻을 수 있다. 또한 영상이 디지털 파일로 저장되므로 획득, 검색, 전송 등이

편리하다는 장점도 가지고 있다. DR 영상 시스템은 X-선의 변환 방식에 따라 직접변환방식과 간접변환방식으로 나눌 수 있다. 간접변환방식은 X-선을 가시광선으로 변환시키는 물질, 즉 형광체(scintillator)를 이용하여 X-선을 가시광선으로 전환시켜 이를 광다이오드(Photodiode)와 같은 광전소자를 이용 전기적인 신호로 변환시키는 것이다. 직접변환방식은 X-선을 흡수하여 바로 전기적 신호를 발생시키는 광전물질(Photoconductors)을 사용하는 것이다. 직접변환방식은 분해능이 간접변환방식에 비하여 좋아 우수한 해상도를 가진다. 하지만 전자-정공쌍(EHP)의 효율적인 발생과 검출을 위해 수 kV의 높은 인가전압을 걸어주어야 하

는 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. 광도전 물질인 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 위하여 X-선을 조사하면 붉은색 영역의 가시광선을 발생시키는 증감지($\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}(\text{Eu}^{2+})$)를 이용하여 X-선과 가시광선에 의한 EHP의 발생을 측정하였다.

본 연구는 직접, 간접변환방식의 단점을 보완하기 위하여 Hybrid 방식의 디지털 검출기를 개발하기 위한 기초 연구로써 다층구조($\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}(\text{Eu}^{2+}) + \text{a-Se}$)의 시편을 제작하여 a-Se에 첨가된 Iodine의 조성비를 달리하여 시편을 구성하였다. 제작된 시편에 인가전압을 걸어 X-선 반응에 대한 특성을 비교 연구하였다.

2. 실험

2.1 실험장치

본 연구에 제작된 시편은 rf-sputtering 방식으로 증착된 ITO(Indium Tin Oxide)를 형성시킨 유리 시편을 acetone, methyl alcohol로 30 분간 초음파 세척을 하고, DI water로 세척한 후 질소 가스로 건조시켰다. 셀레늄 시료는 순도 99.999% (5N)이며, Iodine 조성비에 따른 a-Se 시편제작을 위해 이용된 증착기는 자체설계 및 제작된 저항가열식(Resistive Thermal Evaporator) 진공증착기로써 이 장치는 mechanical pump와 diffusion pump로 구성되어 증착 시 10^{-6} Torr의 진공도를 유지하였으며 20mm×20mm 넓이로 30 μm 로 제작하였으며, 인가전압에 의해 형성된 Iodine이 첨가된 a-Se층의 미세과피를 통한 누설을 방지하기 위해 유전층 증착시스템(PDS 2060, SCS 社,USA)을 이용하여 a-Se층

위해 dielectric layer을 수 μm 정도의 두께로 형성시켰다. 상부 전극은 유리 시편위에 형성시킨 것과 마찬가지로 rf-sputtering에 의해 실온에서 a-Se 위에 ITO를 형성하였다. $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}(\text{Eu}^{2+})$ 증감지를 Luvantix에서 제공하는 EFIRON optical adhesives를 이용하여 상부전극위에 다층구조를 형성하였다.

아래의 그림 1은 제작된 시편의 구조를 나타낸 것이다.

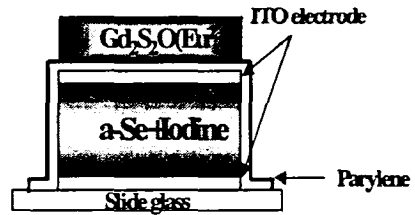


그림 1. 시편의 구조

본 연구에서 제작한 시편은 총 여덟 가지로써 구성은 아래의 표와 같다.

표1. 시편의 Iodine 첨가비

시편번호	1	2	3	4	5	6	7	8
Iodine 첨가량 (ppm)	30	100	200	300	400	500	600	700

2.2 민감도 측정

제작된 시편에 대한 전기적 특성은 I-V 측정을 통해 수행하였다. 누설전류(dark current) 측정을 위해 전압인가와 전류 측정을 함께 할 수 있는 High voltage source measure unit(Keithley 237, USA)를 사용하여 전압을 인가한 후 누설 전류를 측정하였다. 처음 전압을 인가하였을 때 생기는 switching noise의 제거를 위하여 30 sec가 지난 후 X-선을 조사하였다. X-선에 의한 photo current 측정은 oscilloscope(LC334AM, Lecroy)를 이용 신호를 측정하였다. 본 연구에 사용된 X-선 발생기는 Shimadzu TR-500-125를 사용하였으며 신호획득을 위해서 70 kVp, 100 mA(12.5mR)와 30 msec의 조사시간으로 조사 조건을 고정하였다.

아래의 그림 2는 누설전류(dark current) 및 photo current를 측정하기 위한 시스템 구성도이다.

조사 후, 유도전압 파형은 오실로스코프에 의해 획득되었으며 파형으로부터 총 전하량을 계산하기 위해 AcqKnowledge 3.0를 이용하였으며 유도 전압을 적분한 후, X-선을 조사하기 전의 0.03 sec동안의 전압을 적분한 값을 빼주었다. 이는 net charge의 값을 알기 위하여 누설 전류의 양을 제거하기 위해서이다.

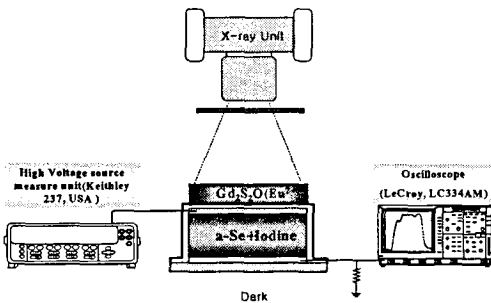


그림 2. photo current 측정을 위한 시스템 구조도

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 비정질 셀레늄에 첨가되는 dopants 중 Iodine의 조성비에 따른 광도전 물질의 전기적 특성을 연구하였다. 아래의 표는 a-Se에 첨가된 Iodine의 조성비에 따른 누설전류의 측정값을 표기한 것이다.

표2. Iodine 조성비별 누설전류(dark current)

시편번호	1	2	3	4	5	6	7	8
Iodine 첨가량 (ppm)	30	100	200	300	400	500	600	700
누설전류 (nA)	0.47	0.93	3	4.5	7.0	13	17	21

위의 표 2에서 나타난 것과 같이 a-Se에 첨가된 Iodine량에 비례하여 Dark Current의 값은 커진다고 볼 수 있다.

photo current량을 측정하기 위하여 μm 당 3V를 인가전압으로 주었다. Iodine가 첨가된 a-Se의 두

께는 $30\mu\text{m}$ 이므로 총 90V의 전압을 인가하였다. 아래 그림 3에 나타난 결과와 같이 Iodine의 첨가비가 500ppm까지 증가할 때에는 선형적으로 Photo current의 값이 증가하는 경향을 보였다. 하지만 500ppm 이상의 Iodine이 첨가 되었을 때에는 그 값이 345.54pC/mR/cm²으로 평형 적으로 일정한 값을 유지하는 것으로 보인다. 이는 a-Se에 500ppm 이상의 Iodine이 첨가될 때에는 saturation이 일어난다고 볼 수 있다.

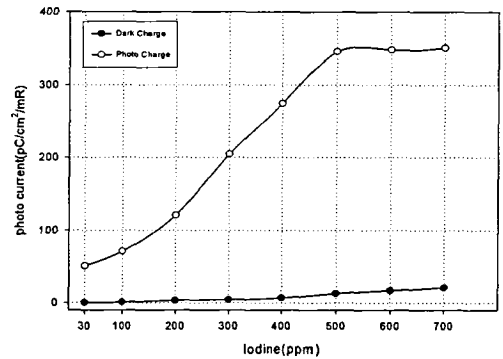


그림 3. Iodine 조성비에 따른 시편의 dark charge와 photo charge의 값

다층구조 ($\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}(\text{Eu}^{2+})$)는 위 그림 3에서 나타난 것과 같이 X-선에 의한 민감도가 기존의 a-Se만의 구조보다도 떨어지는 경향을 나타내었다.

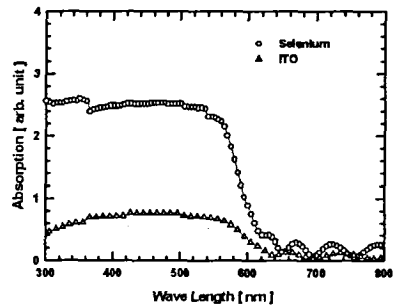


그림 4. a-Se의 흡수파장대

이는 그림 4와 같이 셀레늄의 흡수 파장대가 600nm부터 떨어지는 반면에, ($\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}(\text{Eu}^{2+})$) 증감

지가 X-선 조사에 의하여 방출되는 빛의 파장대가 600nm 이상이기에 때문에 (Gd₂O₂S(Eu²⁺)) 증감지에 조사된 X-선이 붉은 색의 가시광선을 방출하지만 이를 셀레늄에서 흡수하지 못하기 때문이다.

4. 결 론

본 연구에서는 직, 간접변환 방식의 디지털 방사선 검출기의 단점을 보완하기 위한 Hybrid 형태의 디지털 방사선 검출기 개발을 위한 시편을 제작하였다. 제작된 시편의 경우 셀레늄에 첨가된 Iodine의 양이 400ppm 이상이 되는 경우에는 saturation이 일어나는 경향을 보였다. 또한 전체적으로 a-Se의 흡수 파장대가 600nm대에서 떨어지는 이유로 인하여 붉은 색 파장대의 빛을 발하는 혼합형 방사선 센서 시편은 photo current량이 셀레늄만으로 형성된 직접변환 방식의 시편보다 작게 나타나는 것으로 측정되었다. 향후, 혼합형 방사선 센서의 최적화 개발을 위한 green과 blue 영역의 가시광선에 대한 a-Se에 대한 반응 특성 연구가 수행되어야 하겠다. 이번 실험의 결과는 Hybrid 디지털 방사선 검출기의 제작을 위한 기초 자료로 활용될 것이다.

감사의 글

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

참고문헌

- [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. 1359, 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