

BrO₂/a-Se 구조의 방사선 변환센서에서 a-Se에 첨가된 조성비 변화에 따른 I-V 특성 비교

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

Comparison of the I-V Characteristic as Various Composition ratio of Iodine in a-Se of BrO₂/a-Se based Radiation Conversion Sensor

Jang-Yong Choi, Ji-Koon Park, Hyun-Gi Gong, Sang-Ho Ahn, Sang-Hee Nam*
Department of Biomedical Engineering, College of Biomedical Science and Engineering, Inje University
Medical Imaging Research center of Inje University*

Abstract

Presently the X-Ray diagnosis system is a real condition that is changing by digital ways in it's existent analog ways. This digital radiation detector is divided by the direct method and the indirect method. The indirect method of applied voltage has special qualities that the resolution is low than direct method by diffusion effect that happens. The conversion process (radiation→visible ray→electrical signal) of two times, has shortcomings that the energy conversion efficiency of electrical signal is low.

The direct method has shortcomings that need strong electric field to detect electrical signal efficiently. This research achieved to develop digital detector of the Hybrid method that have form that mixes two ways to supplement shortcoming of direct·indirect method. A studied electrical characteristic by Iodine's Mixture ratio change is added to selenium in the detector which has a multi-layer structure (Oxybromide + a-Se). There are 8 kinds of Manufactured compositions to amorphous selenium Iodine each 30ppm, 100ppm, 200 ppm, 300ppm, 400ppm, 500ppm, 600ppm, 700ppm by a doped photoconductor through a vacuum thermal evaporation method. The phosphor layer is consisted of Oxybromide (BrO₂) which uses optical adhesives multi-layer structure. The manufactured compositions calculates and compares Net Charge and signal to noise ratio measuring Photocurrent about Darkcurrent and X-ray. When doped Iodine Mixture ratio is 500ppm to the multi-layer structure (Oxybromide + a-Se), applied voltage of 3V/μm, leakage current of compositions 2.61nA/cm² and net charge value by 764pC/cm²/mR then the best result appeared

Key Words : hybrid, photoconductor, multi-layer, vacuum evaporation, digital radiography

1. 서론

현재 임상 방사선 의학 장비는 X선 촬영장치에서

나오는 필름의 보관 및 관리, 특수 질병 케이스의 필름 검색의 어려움, 필름 현상 과정에 따른 화학

폐기물의 발생으로 인한 이차적 환경오염과 현상시간의 지연에 따른 응급 대응 등의 문제로 인하여 기존의 아날로그 film-screen 방식에서 디지털 방식으로 바뀌고 있는 실정이다. 이러한 디지털 방사선 검출기는 X선을 흡수하여 전기적인 신호로 변환시켜 주는 부분과 발생한 전기적인 신호를 검출하여 영상으로 구현하는 부분으로 크게 나눌 수 있으며 X선의 변환 방식에 따라 직접 방식 및 간접 방식으로 양분되어진다. 낮은 인가전장을 지니는 간접 방식은 일차적으로 발생하는 산란 효과의 발생으로 직접 방식에 비해 해상력이 낮은 특성을 지니며 두 번의 변환 과정(X선→가시광선→전기적신호)으로 인해 흡수된 X선량에 비해 발생하는 전기적 신호의 에너지 변환 효율이 낮다는 단점을 지닌다. 직접 방식은 전기적 신호를 효율적으로 검출하기 위해 강한 전기장($\sim 10V/\mu m$)을 필요로 하는 단점을 지닌다.

이에 직·간접 방식의 단점을 보완하고자 두 가지 방식을 혼합하는 형태를 지닌 Hybrid 방식의 디지털 검출기에 대한 기초 연구를 수행하였다. Hybrid 방식은 직접 방식의 X선 검출기 구조에 phosphor layer를 결합시키고 누설전류 증가를 방지하기 위해 유전층을 삽입시킨 구조이다. Photoconductor 물질인 비정질 셀레늄은 thermal evaporation system에 의해서 구현이 가능하고 다른 물질에 비해서 대면적 구현이 용이하다. 값싼 비용으로써 제작이 용이하면서 안정성이 우수하다는 장점을 지니고 있기 때문에 X선 변환 물질로 각광받고 있다. 본 연구에서도 이러한 장점을 고려하여 a-Se를 사용하였다. 문헌 조사에 따르면 비정질 셀레늄은 전자-정공쌍을 생성하는데 필요한 에너지가 각 시료의 조성비에 따른 내부트랩이나 외부에서 인가된 전기장의 세기 등에 영향을 받는다. 그리고 셀레늄의 재결정을 방지 및 전자의 전달 특성을 개선하기 위해서 Dopants를 첨가해 줌으로써 X선의 변환 효율을 높이고 따라서 검출 효율을 높여준다. 이러한 Dopants로는 재결합 방지를 위하여 Dopants As을 넣어주고 Hole trap을 방지하기 위하여 Cl 등이 쓰이고 있다.

이에 본 연구에서는 전자 수집효율의 증가를 목적으로 다층구조 (Oxybromide + a-Se)를 가지는 디텍터에서 셀레늄에 Cl과 같은 족이면서도 보다 높은 원자 번호를 지닌 Iodine을 첨가하면서 그에 따른 조성비를 변화시켜 전기적 특성을 연구하였다.

2. 실험

2.1 시편제작

Thermal evaporation system을 이용하여 누설전류 및 X선 민감도 측정용 시편을 만들었다. 우선 시편을 샘플별로 각각 3개씩 제작한 뒤 시편의 증착상태가 우수한 것을 선별하여 그 각각에 대한 누설전류와 X선 민감도를 측정하였다.

세부적인 제조과정을 살펴보면 먼저 하부전극이 되는 ITO를 형성시킨 기판 표면(coming glass, 0.7t)에 이물질과 유기물을 제거하기 위하여 아세톤으로 깨끗이 닦은 후 중크롬산 칼륨(KCr2O7)용액에 24시간 동안 담근 후 초음파 세척기로 3-4 시간 세척 후 증류수를 흘려 행구었다. 그 위에 thermal evaporation system을 이용하여 8종류(30ppm, 100ppm, 200 ppm, 300ppm, 400ppm, 500ppm, 600ppm, 700ppm)의 Iodine이 도핑된 a-Se층을 30 μm 로 증착한다. 이 때 시편의 전체적인 두께의 불균일성을 방지하기 위해 증착 시 샘플을 고정시킨 Zig를 회전시켜 불균일성을 5% 이하로 줄인다. 제작된 a-Se 시편은 SCS 社의 PDS 2060 system을 이용하여 유전층을 증착하였다. 상부 전극은 sputtering에 의해 유전층위에 ITO를 형성하였고 BrO₂증착지는 Luvantix에서 제공하는 optical adhesives를 이용하여 상부전극 위에 다층구조를 형성하였다. 시편의 크기는 2cm × 2cm 이며 전극의 크기는 1.5cm × 1.5cm 이다. 아래 그림 1.은 시편의 구조를 나타낸 것이다.

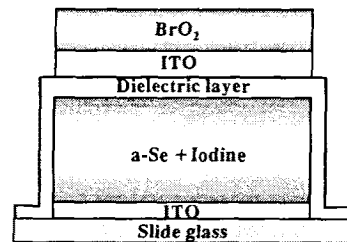


그림 1. 시편의 구조

2.2 측정 방법

제작된 시편에 대한 전압 인가를 위해 고전압 발생기(EG&G 558H, USA)를 사용, 파형획득을 위하여 Oscilloscope(LC334AM Lecroy)를 이용, 누설 전류 및 광전류를 측정하기 위해 Electrometer (Keithly,

6517, USA.) 장비를 사용하였다. X선 발생기는 Shimadzu 社 TR-500-125 Radio- Texcx-s를 사용하였다. 조사조건은 70 kVp, 100 mA와 30 msec의 조사시간으로 고정하였다.

신호획득을 위한 방사선량 검출기는 Ion chamber 2060(Radical Corporation 社)을 이용하여 조사선량을 측정하였고 두께별 전압 인가 시 누설전류와 X선에 대한 광전류를 측정하여 net charge를 계산하였다. 아래 그림 2는 전체 시스템 구성도를 나타낸 것이다.

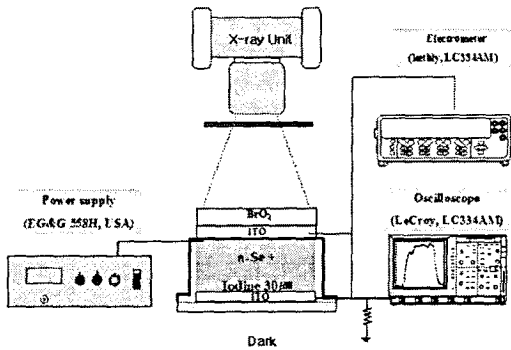


그림 2. 실험 전체 개략도

조사 후, 오실로스코프에 의해 획득된 유도전압의 파형으로부터 총 전하량을 계산하기 위하여 AcqKnowledge 3.0를 이용하였으며 유도 전압을 적분한 후, 아래의 수식에 통하여 X선에 의해 발생된 전하량(Output charge, Q)을 계산하였다. 또한 누설전하량에 대한 총 전하량의 비로써 신호대잡음비(Signal to Noise Ratio)가 계산되었다.

$$Q = \int I dt = \frac{2}{R} \int V dt$$

$$= \frac{2 \times 10^5 \times \int V dt}{1.5^2 \times mR} \quad [pC/cm^2/mR]$$

3. 결과 및 고찰

아래의 표 2는 I-V 측정을 통한 제작된 시편에 대한 net charge 값이다.

인가전압 3V/μm에서 다층구조 방사선 센서로서의 Iodine 조성비가 증가함에 따라 net charge 값이 증

가하였으며 500ppm에서 포화단계에 이르렀다.

표 1. 시편의 net charge 값

Iodine 조성비 (ppm)	net charge (pC/cm ² /mR)
30	209
100	243
200	331
300	480
400	554
500	764
600	738
700	712

이 때 총 전하량을 선량과 면적으로 나눈 net charge 값이 764 pC/cm²/mR으로 가장 좋은 결과값을 보였으며 Iodine의 조성비가 증가할수록 net charge 값이 높아지는 경향을 나타내다가 포화단계에 도달한 후 약간의 감소 경향을 보였다. 제작된 시편에 대한 I-V 측정을 통해 Iodine 조성비에 따른 net charge 값을 그래프로 나타내었다.

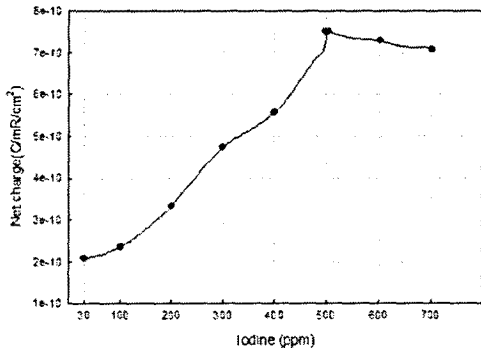


그림 3. Iodine 조성비에 따른 net charge 그래프

4. 결론

본 연구는 Hybrid 방식의 디지털 검출기를 개발하기 위한 기초연구로써 검출기 부분의 a-Se에 첨가된 Iodine의 조성비에 따른 전류 특성을 조사하였다. Thermal evaporation system을 통하여 비정질 상태의 시편을 성공적으로 제작하였다. 실제 검출기 제작에 있어 시료의 순도 관리는 전체 검출기의 성능에 중요한 요소로써 항상 고려되어야 할 사항으로 판단

되었다. 제작된 시편에 대해 net charge 값을 조사한 결과 Iodine 조성비가 net charge 값이 500ppm 에 이르러 net charge 값이 최고에 달했고 그 후에 약간의 감소하는 경향을 보였다. 본 연구를 통하여 Iodine 첨가에 따라 전하 수집효율의 증가를 가져왔고 Iodine의 최적 조성비를 알게 되었다. 또한 Iodine 최적 조성비는 차세대 X선 검출기 개발의 기초 자료로써 활용될 것이다.

감사의 글

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

참고 문헌

- [1] 남상희, 디지털 X선 촬영장치. 전자공학회
- [2] 남상희, 윤정기, 디지털 X선 detector 설계를 위한 비정질 실리콘 박막 트랜지스터의 특성해석. 대한의용생체공학회지
- [3] National Physical Laboratory, New Delhi-110, India "Effect of combinational doping on x-ray sensitivity of a-Se films
- [4] C Haugen, S O Kasap, J.A. Rowlands. Charge transport and electron-hole-pair creation energy in stabilized a-Se X-ray photoconductors
- [5] Lee DL, Cheung LK, Jeromin LS, Palecki E. Imaging Performance of a Direct Digital Radiographic Detector Using Selenium and a Thin-Film-Transistor Array. Computer Assited Radiology
- [6] W. Que, and J. A. Rowlands. X선 Imaging Using Amorphous Selenium : Inherent Spatial Resolution
- [7] W. Zhao, J. A. Rowlands. A large area solid-state detector for radiology using armophous selenium.
- [8] Suresh Chand. Effect of combinational doping on x-ray sensitivity of a-Se films. J Phys
- [9] L. S. Jeromin, D. Lee. Application of a-Si Active-Matrix Technology in a X-ray Detector Panel.