

BrO₂/a-Se 필름의 a-Se에 첨가된 As 변화에 따른 X선 검출특성 비교

박지균, 최장용, 김대환, 문치웅*, 남상희*
인제대학교 의생명공학대학 의용공학과, 인제대학교 의료 영상 연구소*

The Comparison of X-ray Detection Characteristics as Additive ratio of As in a-Se of BrO₂/a-Se Film

Ji-Koon Park, Jang-Yong Choi, Dae-Hwan Kim, Chi-Wung Moon*, Sang-Hee Nam*
Department of Biomedical Engineering, College of Biomedical Science and Engineering, Inje University
Medical Imageing Research center of Inje University*

Abstract

In this papaer, there is a basic research for the development of the Hybrid digital radiation detector with a new system, make up for existing digital radiation detector of direct/indirect method with a weak point. for enhance the efficiency characteristics of signal response from X-ray detector using the a-Se, We make sample with various kinds of layer, through the ratio of As(0.1%,0.3%,0.5%,1%,1.5%,5%,10%). We measure net charge with a leakage current and photo current for electric charateristics. Ratio of As in a-Se consist of 7 stage, It made of using the thermal deposition system. In the made of samples, we made multi layer using the EFIRON optical adhesives from phosphor layer consist of Oxybromide(BrO₂). As a result of X-ray measurement, the best result is ; leakage current(0.30nA/cm²), net charge(610.13pC/cm²/mR) when the condition is voltage(9V/um), 0.3% ratio of As in multi layer(BrO₂ + a-Se)

key words : Hybrid, Oxybromide, Digital Radiography, X-ray Detector

1. 서론

1895년 W.C.Renontgen 에 의한 X선의 발견 이래 지속적인 노력을 방사선을 이용한 방사선 의료 영상은 인류의 보건 복지에 많은 기여를 해왔다. 실제 진단 및 진료 방사선 분야에서 인류에게 진단 혹은 치료에 대한 정보를 직접적으로 보여주던 Film/Screen 방식의 의료영상은 매년 증가하는 필름의 보관 및 관리 그리고 기존 데이터 활용시 많은 문제점들이 대두되기 시작하면서 그 한계성을 드러내었다. 이러한 문제에 대한 해결책을 찾기 위한 노력의 일환으로 최근 디지털 방사선 검출기(Digital Radiography Detector)를 개발 연구를 통해 기존의

필름 방식(analog radiography)에 대한 단점을 보완하였다.

이 디지털 방사선 검출기(Digital Radiography Detector)는 직접적인방식과 간접적인방식 의 두 가지로 분류된다. 현존하고 있는 디지털 방사선 검출기방식은 직·간접방식의 단점을 hybrid technology 를 이용한 디지털 방사선 검출기로 보완하고자 한다. 디지털 방사선 검출기에서 직·간접적인 방사선 검출 방식의 분류는 Image receptor에 어떠한 물리적인 반응을 일으키느냐에 따라서 결정된다. 첫 번째 방식인 간접변환 방식(Indirect conversion method)은 형광체가 입사된 X-ray를 흡수하면 가시광을 방출한

다. 이 가시광은 a-Si:H p-i-n 광다이오드에 의해 전기적 신호로 바뀐다. 이러한 과정에서 빛의 산란이 일어나며 산란광의 효과적인 제거 방법 자체가 없는 실정이다. 이는 곧 영상의 잡음으로 작용하며 영상의 흐림(blurring)이 발생하고 해상도가 직접 변환방식 보다 떨어지는 주된 요인이 된다. 두 번째 방식인 직접변환방식은(Direct conversion method) Image receptor에서 X선 흡수에 의해 전기적 신호를 발생시키는 물질을 이용하는 방법으로 이런 물질을 광도전물질(Photo conductors)이라 하며 일반적으로 반도체라고 알려진 물질들이 이에 속한다. 이와 같이 Image receptor 내에서 X-선의 흡수에 의해서 직접 발생하는 전자-정공쌍(electron-hole pairs)을 검출하는 방식으로 간접변환방식보다 높은 고유해상도(intrinsic resolution)을 가진다. X-선 물질로서는 TlBr(thallium bromide), 함께 비정질 셀레늄(amorphous selenium)과 PbI₂(lead iodide), CdZnTe(cadmium-zinc-telluride) 등이 일반적으로 사용되고있다. 그 중에서도 비정질 셀레늄은 누설전류가 낮으며 Xeroradiography 등에서 이미 의료영상에서 적용된 실례가 있고, 증착법에 의해서 구현이 가능하므로 결정을 사용하는 다른 물질에 비해서 대면적 구현이 용이하고 비용이 싸고 안정성이우수하다는 장점으로 인해서 최근 X-선 변환물로서 다시 각광받기 시작했다.

표 1. The Properties of direct conversion materials

material	Conversion Efficiency	Resistivity (Ω -cm)	Density (g/cm^3)	dark current
CZT	5eV/ehp	$1.8\sim 3.3 \times 10^{10}$	5.7	10^{-7}
PbI ₂	5eV/ehp	5×10^{12}	6.16	2×10^{-9}
a-Se	20eV/ehp	10^{15}	4.26	3×10^{-9}

표 1. 에서와 같이 비정질 셀레늄의 장점은 비저항이 다른 물질에 비해서 $10^{15} \Omega cm$ 로서 $1.8\sim 3.3 \times 10^{10}$ 인 CdZnTe 나 $5 \times 10^{12} \Omega cm$ 인 PbI₂에 비해서 훨씬 크다. 따라서 비정질 셀레늄의 누설전류(dark current)는 다른 물질들에 비해서 아주 작은 값을 갖는다. 즉 직접변환방식이 간접 변환방식에 비해서 우수한 해상도를 가진다. 하지만 동시에 발생한 전자-정공쌍(electron-hole pair)의 효율적인 발생과 검출을 위해서 변환물질 내에 강한 전기장을 인가 해 주어야 하는 단점이 있다.

2 실험

2.1 실험 장치

비정질 셀레늄(a-Se)에 As의 조성비를 7단계로 나누어 열진공증착법을 이용하여 ITO glass 위에 a-Se thickness 100 μm 증착한 후 상부 전극으로 Ag 증착하였다. 시편제작을 위해 이용된 증착기는 자체 설계 및 제작된 저항가열식(Resistive Thermal Evaporator) 진공증착기로서 이 장치는 mechanical pump와 diffusion pump로 구성되어 증착시 10^{-6} Torr의 진공도를 유지하였으며, 기판의 온도는 상온(room temperature)을 유지하였다. 제작된 시편위에 phosphor(BrO₂)층을 EFIRON optical adhesives를

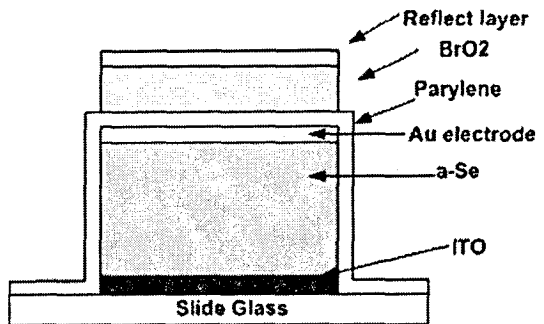


그림 1. Hybrid(BrO₂+a-Se)시편구조

이용하여 다층구조를 형성하였다. 그림 1은 제작된 BrO₂ 시편의 단면구조를 나타낸 것이다. 이렇게 만들어진 시편(a-Se)을 As조성비에 따라 7단계(0.1%,0.3%,0.5%,1%,1.5%,5%,10%)로 나누어져 만들었다. 각각 시편을 이용해 시편 상부전극(Ag)에 고전압을 인가하여 누설전류와 Photo current를 측정하였다. 그리고 각각조성비 변화에 따른 다층구조 시편을 이용해 같은 방법으로 각각 시편의 누설전류와 photo current를 구하였다.

그림 2는 본 실험에서 누설전류(dark current), photo current 신호 획득을 위한 시스템 구성도이다. 본 연구에 사용된 X선 발생기는 Shimadzu TR-500-125를 사용하였으며 신호획득을 위한 조사 조건은 60 kVp, 100 mA와 0.3 sec의 조사시간으로 고정하였다. 또한 방사선량 검출기는 Ion chamber 2060(Radical Cooperation 社)을 이용하여 조사선량을 측정하였다. 조사 후, 유도전압 파형은 오실로스코프에 의해 획득되었으며 파형으로부터 총 전하량을 계산하기 위해 AcqKnowledge 3.0를 이용하였으며 유도 전

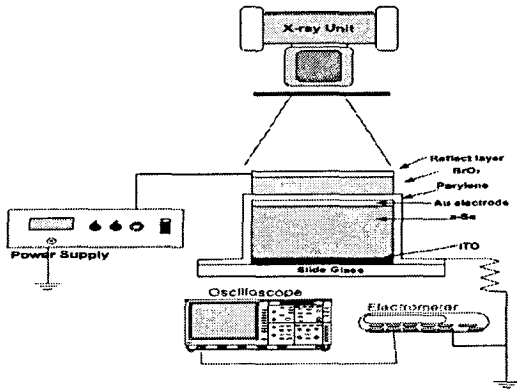


그림 2 시편측정 시스템 구성도

압을 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.

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

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

사용된 측정장비는 고전압 발생기(EG&G 558H, USA)를 사용하였고, 파형획득을 위하여 Oscilloscope (LC334AM Lecroy)를 이용하였다. 누설 전류 및 photo current를 측정하기 위해 Electrometer (Keithly, 6517) 장비를 사용하였다. 두께별 전압 인가시 누설전류와 X선 (70Kvp, 100mA, 30ms)에 대한 photo current를 측정하였다.

측정된 Photo current에서 누설전류(Dark current)를 제거된 값(net charge)을 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

X선에 대한 누설전류(dark current)와 photo current 구하고 net charge 및 신호대잡음비를 계산하여 비교하였다. 측정결과, 1V/ μ m인가전압에서 다층구조(BrO₂+a-Se)의 0.3%As 조성비에서 시편의 누설전류가 0.30nA/cm², 신호대잡음비 3.76, net charge값이 610.13pC/cm²/mR으로 가장 좋은 결과를 나타내었다. 인가전압에 따라 신호변화가 조금의 차이는 있었지만 0.3%As 조성비의 시편에서 높은 신호를 획득할 수 있었다.

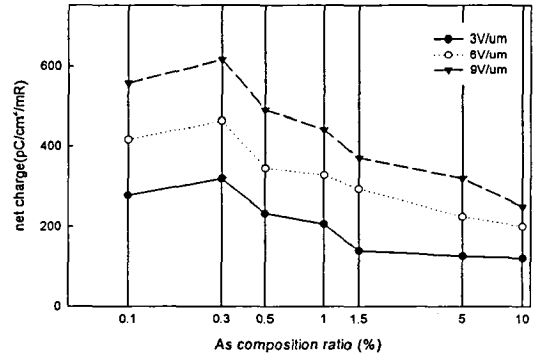


그림 3. As 0.3% 조성비와 인가전압에 따른 Photo current

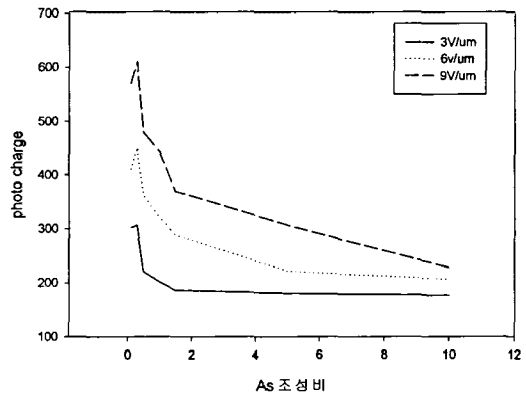


그림 4 As 조성비와 인가전압에 따른 Photo current

4. 결론

광도전물질(a-Se)을 이용한 X-ray 검출기 센서의 신호 반응 특성효율을 높이기 위해 본 연구에서는 As의 조성비 변화(0.1%, 0.3%, 0.5%, 1%, 1.5%, 5%, 10%)를 통한 다층구조(BrO₂+a-Se) 시편을 제작하였다. As 조성비가 높을수록 많은 신호가 발생하지 않고 0.1%서는 증가하는 것을 볼 수 있었다. As 0.3%의 조성비 이상일 경우 신호가 감소하는 것을 볼 수 있었고, As 조성비가 1%가 넘어가면 감소되는 신호가 완전히 감소되는 것을 볼 수 있다. 본 연구에서 각각 다른 조성비와 인가전압에 따른 누설전류(dark current), photo current net charge를 측정된 결과 광도전물질(a-Se)에 As 0.3% 조성비에서 가장 높은 신호가 측정되었다.

감사의 글

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

참고 문헌

- [1] Larry E. Antonuk, Yocef El-Mohri, Adam Hall.
A large Area, $97\mu\text{m}$ Pitch, Indirect-Detection,
Active Matrix, Flat-panel imager (AMFPI).
SPIE Proc. medical Imaging 1998, 3336: 2~13
- [2] W. Zaho, J. A. Rowlands. X-ray imaging using
amorphous selenium: Feasibility of a flat
panel self-scanned detector for radiology.
Med. Phys. 1995, 22(10): 1595-1604
- [3] Chemical mechanism of the radical feedback
loop in the classical BZ reaction. Malonyl
bromide and oxalic acid as flow-through
intermediates Phys. Chem. Chem. Phys., 2000,
2, 4023-4028
- [4] Effective rate constant of ferric reduction
in the Belousov-Zhabotinsky reaction J.
Chem. Soc., Faraday Trans., 1997, 93(1),
6971
- [5] C. Haugen, S. O. Kasap, J. Rowlands. Charge
transport and electron-hole-pair creation energy
in stabilized a-Se X-ray photoconductors.
J. Phys. D: Appl. Phys. 1999, 32: 200~207
- [6] J. W. Boag, Xeroradiography, Phys. Med. Biol
1973, 18 : 3~37
- [7] L. S. Jeromin, D. Lee. Application of a-Si
Active-Matrix Technology in a X-ray Detector
Panel. SID 97 DIGEST 1997, 91
- [8] J. Donovan X-ray sensitivity of selenium
J. Appl. Phys. 1979, 50(10) : 6500~6504