

광도전체 필름 상부 전극크기에 따른 전기적 신호 특성 비교

강상식*, 정봉재*, 노시철*, 조창훈*, 윤주선**, 진승표***, 박지군*

한국국제대학교 방사선학과*, (주)포스콤 기술연구소**, 인제대학교 의용공학과***

Comparison of Electrical Signal Properties about Top Electrode Size on Photoconductor Film

Sangsik Kang*, Bongjae Jung*, Sicheul Noh*, Changhoon Cho*, Jusun Yoon**, Sungpyo Jeon***, Jikoon Park*

Raiological Department of Korea International University, Reseach center of Poskom Co**,
Biomedical Department of Inje University**.*

요 약

현재 광도전체 물질을 이용한 직접변환방식의 방사선 검출기 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 광도전체 물질 중 상용화된 비정질 셀레늄(a-Se)에 비해 요오드화수은(HgI₂) 광도전체 화합물은 고에너지에 대한 높은 흡수율과 민감도를 가지는 것으로 보고되고 있다. 또한, 이러한 광도전체 필름은 발생한 신호의 검출효율은 상하부 전극크기에 의한 전기장의 세기 및 기하학적 분포에 많은 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다. 이에 본 연구는 HgI₂ 광도전체 필름에서 상하부 전극의 크기에 따른 X선 검출특성을 조사하였다. 시편제작은 기존의 진공 증착법이 두꺼운 대면적 필름제조가 어렵다는 문제점을 해결하고자 페이스트 인쇄법을 이용하여 인듐전극이 코팅된 유리기판위에 제작하였으며, 시편의 두께를 150µm, 면적크기를 3cm×3cm 크기로 제조하였다. 상부전극은 마그네틱 스퍼터링법을 이용하여 3cm×3cm, 2cm×2cm, 1cm×1cm의 크기로 ITO(indium-tin-oxide)를 진공 증착하였다. 특성평가를 위해 X선 선량에 대한 민감도와 누설전류, 신호대잡음비를 측정하여 필름의 전기적 검출 특성을 정량적으로 평가하였다. 그 결과 상부 전극의 크기가 증가함에 따라 검출된 신호의 크기가 다소 증가하는 경향을 보였다. 하지만, 전극크기의 증가에 따른 누설전류 또한 증가함으로써 신호대잡음비는 오히려 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과로부터 향후 광도전체를 적용한 X선 영상검출기 개발에 있어 상부전극의 최적크기와 구조설계가 고려되어야 할 것으로 사료된다.

중심단어 : 검출기, 민감도, 암전류, 신호대잡음비, 금속전극

Abstract

Currently, the development of direct conversion radiation detector using photoconductor materials is progressing in widely. Among of theses photoconductor materials, mercuric iodide compound than amorphous selenium has excellent absorption and sensitivity of high energy radiation. Also, the detection efficiency of signal generated in photoconductor film varies by electric filed and geometric distribution according to top-bottom electrode size. Therefore, in this work, the x-ray detection characteristics are investigated about the size of top electrode in HgI₂ photoconductor film. For sample fabrication, to solve the problem that is difficult to make a large area film, we used the spatial paste screen-print method. And the sample thickness is 150µm and an film area size is 3cm×3cm on ITO-coated glass substrate. ITO(Indium-Tin-Oxide)

이 논문은 2009년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임. (No.2009-0088856)
Corresponding Author : 박지군
주소: 경남 진주시 문산읍 상문리 한국국제대학교 방사선학과, E-mail: radiopjk@iuk.ac.kr, Tel : +82-10-9316-7931
투고 일자: 2011년 03월 20일, 심사일자: 2011년 03월 25일, 수정 일자: 2011년 4월 07일, 게재 확정일자: 2011년 04월 12일

electrode was used as top electrode using a magnetron sputtering system and each area is 3cm×3cm, 2cm×2cm and 1cm×1cm. From experimental measurement, the dark current, sensitivity and SNR of the HgI₂ film are obtained from I-V test. From the experimental results, it shows that the sensitivity increases in accordance with the area of the electrode but the SNR is decreased because of the high dark current. Therefore, the optimized size of electrode is importance for the development of photoconductor based x-ray imaging detector.

key words : detector, sensitivity, dark current, signal to noise, metal electrode

I. 서론

평판형 디지털 방사선 검출기를 제작하는 방법에는 크게 직접변환방식과 간접변환방식이 있으며, 간접방식의 경우 X선 흡수에 의해 발광하는 형광체 물질을 이용하여 입사된 X선에 의해 발생된 가시광을 광다이오드 같은 광전소자를 사용하여 전기적인 신호로 변환하여 검출하는 방식이다. 이러한 방식은 가시광의 산란에 의한 영상의 퍼짐(blurring) 현상이 발생하는 단점을 가진다. 직접방식의 경우에 X-선 흡수에 의해 생성된 전자-정공쌍 중 전자 혹은 정공을 검출하는 방식으로 신호특성이 간접방식보다 훨씬 더 짧은 신호특성을 보이는데 이는 간접방식보다 영상의 분해능이 더 좋아 우수한 해상도를 가지는 장점을 가진다. 하지만, 반대로 검출물질에서 동시에 발생한 전자-정공쌍의 효율적 발생과 검출을 위하여 변환물질에 강한 전기장을 인가해주어야 하는 단점이 있다. 기존에 직접변환방식에 널리 사용되어 온 X선 검출 물질인 비정질 셀레늄(a-Se)반의 디지털 방사선검출기의 성능을 향상시키는 대안으로 보다 좋은 신호대잡음비(SNR) 동작 특성을 가지는 X선 검출물질에 대한 연구가 활발히 진행되어 지고 있다^[1-2]. 이러한 광도전체 물질 중 상용화된 a-Se에 비해 요오드화수은(HgI₂) 광도전체 화합물은 고에너지에 대한 높은 흡수율과 민감도를 가지는 것으로 보고되고 있다. 또한, 이러한 광도전체 필름은 발생된 신호의 검출효율은 상하부 전극크기에 의한 전기장의 세기 및 기하학적 분포에 많은 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다. 이에 본 연구는 HgI₂ 광도전체 필름에서 상하부 전극의 크기에 따른 X선 검출특성을 조사하였다. 상부 전극의 크기 변화에 따른 전기적 신호특성을 측정 분석하여 상부전극의 면적에

따른 전기적 신호의 차이점을 알아보고 최적의 SNR을 얻기 위한 조건을 조사하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. X선 필름 제작

X선 검출물질의 상부전극 크기에 따른 전기적 특성 차이를 보기위해 그림 1. 의 순서로 X선 필름을 제작하였다. 글라스 위에 전도성을 가진 ITO를 코팅한 후 그 상부에 HgI₂와 바인더를 혼합하여 인쇄법(screen-print method)를 이용하여 시편을 제작 하였다. 본 실험에서 인쇄법을 사용한 이유는 진공증착법에 비해 증착 시간이 짧고 두꺼운 대면적 필름 제조가 용의하기 때문이다^[3].

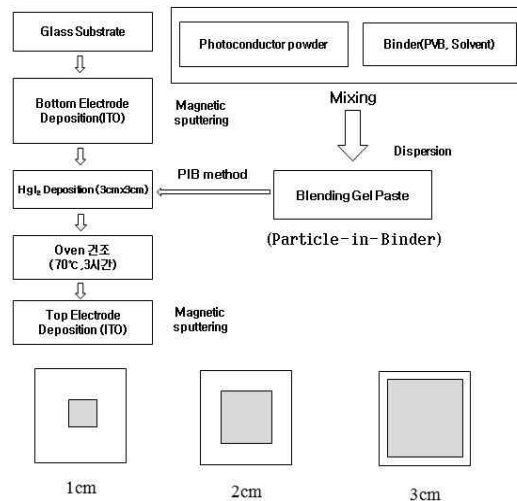


그림 1. 필름샘플의 제작 및 처리과정

그러나 인쇄법은 진공 증착법에 비해 물질을 밀입

자 형태로 만들기 어렵기 때문에 본 실험에서는 분말 형태의 HgI_2 를 3 roll-mill을 이용하여 최대한 입자를 작게 만들었다. 모든 시편의 물질 두께는 $150\mu m$ 로 제작하였으며 물질의 상부에 스퍼터링법을 이용하여 ITO 전극을 $1 \times 1cm$, $2 \times 2cm$, $3 \times 3cm$ 크기로 구성하여 각각 3개 씩 시편을 제작 하였다.

2. 전기적 특성의 측정

전기적 특성을 측정하기 위하여 X선 조사 시 HgI_2 의 민감도와 암 전류를 측정하여 신호 대 잡음비를 통하여 전기적 검출 특성을 정량적으로 평가하였다. 그림 2. 의 조건으로 물질의 신호 량과 누설전류를 측정하였다. 누설전류(Leakage current) 측정은 고전압발생기(EG&G 558H, USA)을 이용하여 암실에서 고전압인가 후, Electro-meter(Keithley 6517A, USA)를 이용하여 전류를 측정하였다.

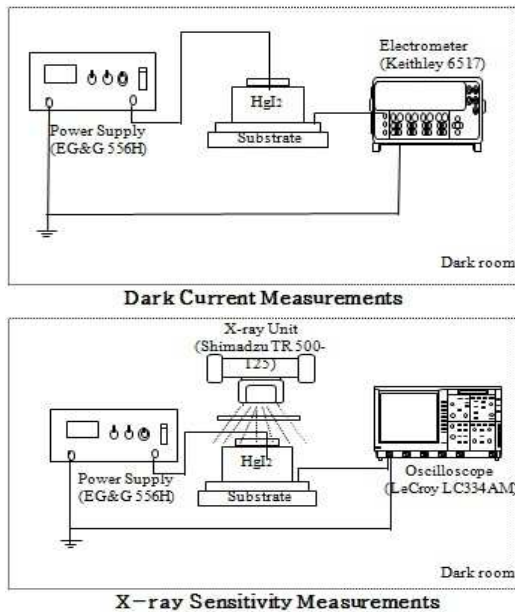


그림2 전기적 특성 측정 모식도

또한 본 실험에서는 인가전압에 따른 신호 변화량을 측정하였고, 조사선량에 따른 신호 량을 측정하였다. 조사조건은 정량적인 X선 신호 획득 평가를 위해 국제표준인 IEC 61267에서 제공하는 RQA5 사용하여 $70kVp$ 에 $100mA$ 와 $30msec$ 로 고정하였다.

III. 결과

본 실험에서 사용된 HgI_2 는 분말 형태로 인쇄법으로 제조하기 위하여 바인더를 이용하여 인쇄법이 가지는 단점인 누설전류를 제어하기 위한 밀입자 형태로 만드는 방법을 사용하였다. 또한 인쇄법의 경우 시료의 상태에 따라 박막의 상태가 달라지며 이로 인해 시편의 전기적, 물리적 특성에 많은 영향을 미치기 때문에 시편의 성능 측정을 위하여 전자현미경(Scanning electron Microscopy)을 촬영하여 시료 상태 및 제작된 박막의 단면 상태를 확인하였다.(그림3)

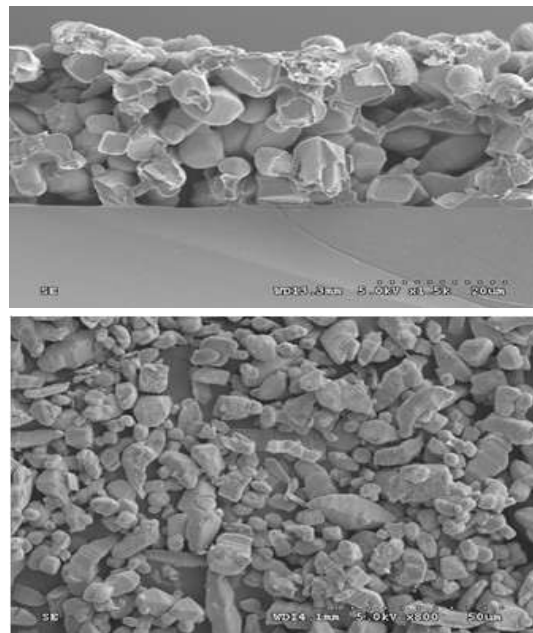
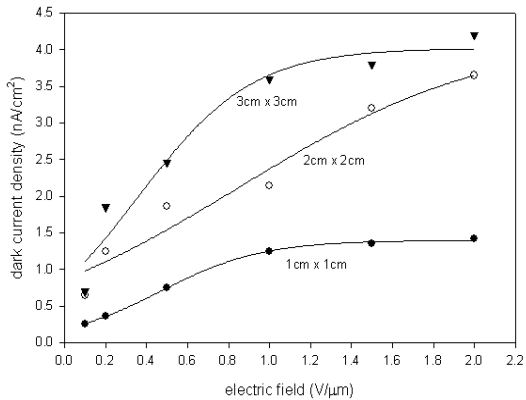


그림 3. 제작된 HgI_2 필름의 단면과 상부 SEM 영상

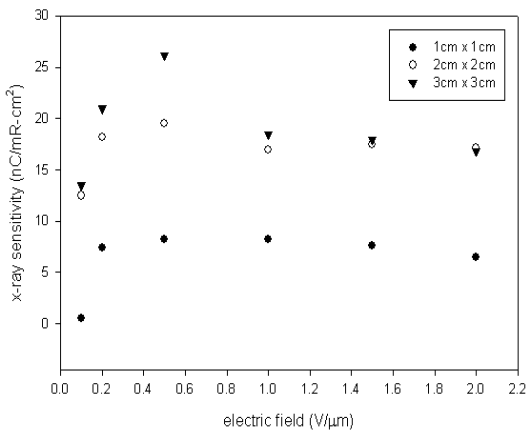
일반적으로 인쇄법을 사용하여 시편을 제작 할 경우 시편 내부에 미세 구멍들과 분산되지 않은 폴리머 덩어리 형태로 존재하지만 본 연구에서는 물리적, 전기적 성질을 제어하기 위하여 분말형태의 HgI_2 를 3 roll-mill을 이용하여 밀입자 형태로 만든 후 바인더의 양과 시료의 점도를 조절하여 HgI_2 입자와 폴리머의 분산성을 높입과 동시에 샘플 내부를 고밀도 형태로 만들어주었다.

제조된 필름의 전기적 특성은 그림 4. 에서 보여주

고 있다. 전기적 특성은 구동 전압의 범위에서 민감도, 누설전류, 신호 대 잡음비에 의해 평가 되었다. 그 결과 1cm×1cm를 기준으로 하였을 때 전극의 크기에 따라 민감도는 증가 하고 전극의 크기가 클수록 edge effect 효과에 의해 누설전류는 감소할 것으로 예상 되었지만 전극의 크기에 따라 인가전압에 의한 누설전류로 인해 크기별로 증가 한다는 것을 알 수 있었다.



(a) 암전류(dark current)



(a) X선 민감도(x-ray sensitivity)

그림 4. 상부전극 크기별 인가전압에 따른 암전류(a) 와 X선 민감도(b)

IV. 고찰 및 결론

본 실험에서는 디지털 방사선 검출기에서 직접방식 처럼 사용된 광도전체의 전기장의 크기와 필름 면적의 비율을 조정에 따라 민감도의 증가한 라는 것을 보여주고 있다. 또한 제작된 필름의 전기장 면적이 증가할수록 누설전류 또한 증가함을 알 수 있다. 이것은 신호의 민감도와 누설전류가 동시에 증가하기 때문에 신호 대 잡음 비에서의 큰 향상은 얻어 낼 수 없다는 것을 보여주고 있다. 하지만 고 해상도의 의료영상을 위한 디지털 방사선 검출기에서 광도전체와 전기장 면적의 비에 따라 직접적인 영향이 있음을 보여주고 있으며 이에 대한 연구 가능성을 보여주고 있다.

Acknowledgement

이 논문은 2009년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임. (No.2009-0088856)

참 고 문 헌

- [1] Robert A. Street, Steve E. Ready, L. Melekhov, et al. Approaching the Theoretical X-ray Sensitivity with HgI2 Direct Detection Image Sensors, Proc. SPIE, Vol. 4682, pp.414-421, 2002
- [2] M. Schieber, H. Hermon, A. Zuck, et al. Polycrystalline mercuric iodide detectors, Proc. SPIE, Vol.3770, pp.146-155, 1999
- [3] H. Gilboa, A. Zuck, O. Dagan, et al. Medical imaging with mercuric iodide direct digital radiography flat-panel X-ray detectors, Proc. of the SPIE, Vol.4784, pp.315-325, 2001