

# X선 검출 물질의 전극 면적에 따른 신호특성 분석

전승표, 김성현\*, 조규석\*, 정숙희\*\*\*\*, 박지균\*\*\*, 강상식\*\*\*, 한용희\*, 김강수\*, 문치웅\*\*, 남상희\*\*

인제대학교 의료영상과학대학원, 인제대학교 의용공학과\*, 인제대학교 의료영상연구소\*\*, 한국국제대학교 방사선학과\*\*\*, 인피니트\*\*\*\*

## Analysis of Signal Properties in accordance with electrode area of x-ray conversion material

S. P. Jeon, S. H. Kim\*, K. S. CHO\*, S. H. Jung\*\*\*\*, J. K. Park\*\*\*, S.S.Kang\*\*\*, Y. H. Han\*, K. S. Kim\*, C. W. Mun\*\*, S. H. Nam\*\*

*Inje Univ. Dept of image & science, Inje Univ. Dept of Biomedical Engineering\*, Inje Univ. Medical image research center\*\*, International Univ of korea Dept of Radiological Science\*\*\*, Infinit\*\*\*\**

### 요약

최근 광도전체와 형광체 기반의 디지털 방사선 검출기가 많은 관심을 받고 있으며, 이를 상업화 하기위한 많은 연구들이 이뤄지고 있다. 디지털 방사선 검출기를 제작하는 방법에서 크게 직접변환방식과 간접변환방식이 있다. 본 연구는 기존에 직접변환방식에 널리 사용되어 지고 있는 비정질 셀레늄(Amorphous selenium)기반의 디지털 방사선검출기 보다 좋은 SNR(Signal-to-noise ratio) 동작 특성을 가지는 X선 검출 물질을 제작하여 X선 조사시 두께와 전기장 형성에 따른 차이점을 알아보기 위한 것이다. 본 연구에서는 기존의 진공 증착법이 두꺼운 대면적 필름제조가 어렵다는 문제점을 해결하고자 Screen-Print Method를 이용하여 전도성을 가진 ITO (Indium-tin-oxide)가 코팅 된 유리 판에 제작하였다. 본 연구에 사용된 X-선 검출물질로는 다결정 HgI<sub>2</sub> 를 사용하였으며, 시편의 두께를 150μm로 제작하였으며, 3cm×3cm 크기로 제작하였다. 상부전극은 Magnetron sputtering system을 사용하여 3cm×3cm, 2cm×2cm, 1cm×1cm의 크기로 각각 다르게 하여 ITO(Indium-tin-oxide)를 증착 시킨 후, X선 조사시 HgI<sub>2</sub>의 민감도와 누설전류, SNR 등을 측정하여 필름의 전기적 검출 특성을 정량적으로 평가하였으며, I-V테스트는 전류 적분(integration) 모드를 사용하였다. 그 결과 전극의 크기에 따라 신호량 증가 특성을 확인할 수 있었지만 신호량의 증가와 동시에 누설전류 또한 증가함으로써 전극의 크기에 따라 오히려 SNR 특성이 감소됨을 확인하였다. 향후 다양한 두께와 최적의 전극물질을 통해 신호대 잡음비를 개선시키기 위한 연구를 통해 최적화해야 할 것이다.

key words : HgI<sub>2</sub>, Sensitivity, darkcurrent, SNR, PIB

### Abstract

In recent, a digital x-ray detector attracted worldwide attention and there are many studies to commercialize. There are two methods in digital x-ray detector. This method is an Indirect method and Direct method. This study is to see the differences between the digital x-ray detector based on a-Se used in the existing indirect conversion method and an x-ray conversion material that has better SNR(Signal-to-noise ratio) and property than the a-Se. To solve the problem that is difficult to make a large area film using

본 연구는 지식경제부와 한국산업기술재단의 전략기술인력양성사업과 지식경제부와 한국산업기술평가원의 기업선도기술개발사업으로 수행된 연구결과임  
Corresponding Author: 남상희

주소: 경남 김해시 여방동 인제대학교 하연관 317호 E-mail: nsh@bme.inje.ac.kr, Tel: +82-55-320-3296

투고 일자: 2009년 10월 08일, 심사일자: 2009년 12월 30일, 수정 일자: 2010년 02월 15일, 게재 확정일자: 2010년 03월 15일

Screen-Print method, we used a Screen-Print method. In this study, we used a polycrystal  $HgI_2$  as x-ray conversion material and a sample thickness is  $150\mu m$  and an area is  $3cm \times 3cm$ . ITO(Indium-Tin-Oxide) electrode was used as top electrode using a Magnetron Sputtering System and each area is  $3cm \times 3cm$ ,  $2cm \times 2cm$  and  $1cm \times 1cm$  and then we evaluated darkcurrent, sensitivity and SNR of the  $HgI_2$  film are measured, then we evaluated the electrical properties. And we used a current integration mode when I-V test. This experiment shows that the sensitivity increases in accordance with the area of the electrode but the SNR is decreased because of the high darkcurrent. Through fabricating of various thicknesses and optimal electrodes, we will optimize SNR in the future work.

## I. 서론

최근에 광도전체와 형광체를 기반으로 제작된 디지털 방사선 검출기의 상업적 발전가능성이 더욱 많은 관심을 받고 있다. 평판형 디지털 방사선 검출기를 제작하는 방법에는 크게 직접변환방식과 간접변환방식이 있으며, 간접방식의 경우 X선 흡수에 의해 발생하는 형광체 물질을 이용하여 입사된 X선에 의해 발생된 가시광을 광 다이오드 같은 광전소자를 사용하여 전기적인 신호로 변환하여 검출하는 방식이다. 이러한 방식은 가시광의 산란에 의한 영상의 blurring 현상이 발생하는 단점을 가진다. 직접방식의 경우에 X선 흡수에 의해 생성된 전자정공쌍 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 전자정공쌍의 효율적 발생과 검출을 위하여 변환물질에 강한 전기장을 인가해주어야 하는 단점이 있다. 기존에 직접변환방식에 널리 사용되어 온 X선 검출 물질인 비정질 셀레늄(Amorphous selenium)기반의 디지털 방사선검출기의 성능을 향상시키는 대안으로 보다 좋은 SNR 동작 특성을 가지는 X선 검출물질에 대한 연구가 활발히 진행되어 지고 있다.<sup>[1-2]</sup> 본 연구에서는 많은 후보 물질 중  $HgI_2$  물질 필름을  $150\mu m$  두께로 제작하여 상부 전극의 크기에 따른 신호량과 누설전류를 측정함으로써 X선 조사시 광도전체의 두께와 상부 전극의 면적에 따른 전기적 신호의 차이점을 알아보고 최적의 SNR을 얻기 위한 물질제작 조건에 대해 연구하였다.

## 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 그림 2.에서 나타내듯이 그 상부에  $HgI_2$ 와 바인더를 혼합하여 Screen-Print Method를 이용하여 시편을 제작하였다. 본 실험에서 Screen-Print Method를 사용한 이유는 진공증착법에 비해 증착 시간이 짧고 두꺼운 대면적 필름 제조가 용이하기 때문이다.<sup>[3]</sup>

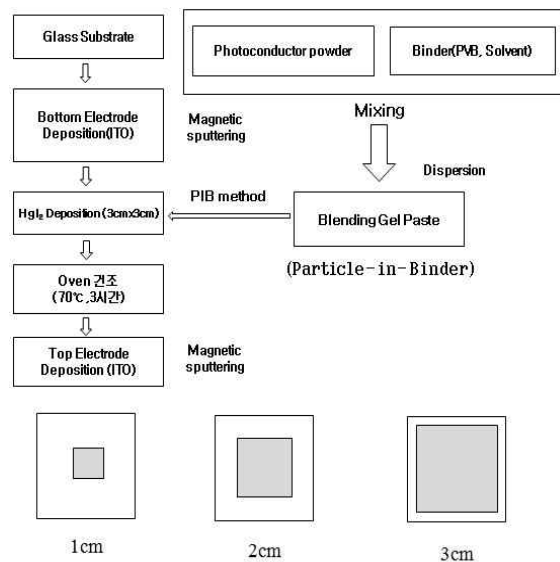


그림 1. 필름샘플의 제작 및 처리과정

하지만 보통 Screen-Print Method를 사용하여 시편을 제작 할 경우 시편 내부에 미세 구멍들과 분산되지 않은 폴리머 덩어리 형태로 존재하지만 본 연구에서는 물리적, 전기적 성질을 제어하기 위하여 분말형태의 HgI<sub>2</sub>를 3 roll-mill을 이용하여 밀입자 형태로 만든 후 바인더의 양과 시료의 점도를 조절하여 HgI<sub>2</sub> 입자와 폴리머의 분산성을 높임과 동시에 샘플 내부를 고밀도 형태로 만들어주었다.<sup>[4,5]</sup> 모든 시편의 물질 두께는 150 $\mu$ m로 제작하였으며 물질의 상부에 Magnetron sputtering system 을 이용하여 ITO 전극을 1 $\times$ 1cm<sup>2</sup>, 2 $\times$ 2cm<sup>2</sup>, 3 $\times$ 3cm<sup>2</sup> 크기로 구성하여 각각 3개 씩 시편을 제작 하였다.

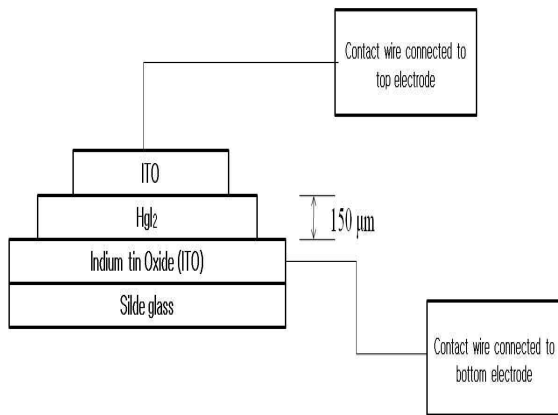


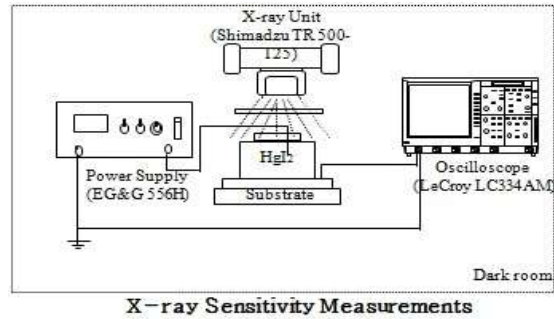
그림2. 필름샘플의 단면도

## 2. 전기적 특성 측정 방법

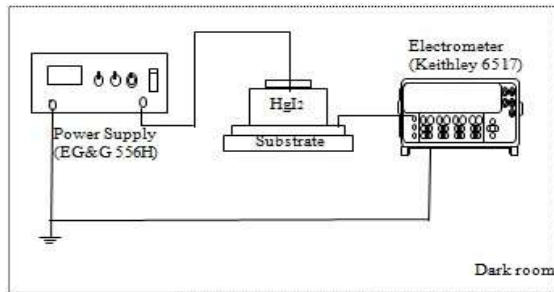
전기적 특성을 측정하기 위하여 X선 조사 시 HgI<sub>2</sub>의 민감도와 암 전류를 측정하여 신호 대 잡음비를 통하여 전기적 검출 특성을 정량적으로 평가하였다. 그림 3.의 조건으로 물질의 신호 량과 누설전류를 측정하였다. 누설전류(Leakage current) 측정은 고전압발생기(EG&G 558H, USA)을 이용하여 암실에서 고전압 인가 후, Electrometer(Keithley 6517A, USA)를 이용하여 전류를 측정하였다.<sup>[6]</sup>

본 실험에서는 인가전압에 따른 신호 변화량을 측정하였고, 조사선량에 따른 신호 량을 측정하였다. 조사조건은 정량적인 X선 신호 획득 평가를 위해 국제 표준인 IEC 61267에서 제공하는 RQA5 조건에 부합하

는 관전압 74kVp, additional filter 21mmAl로 설정하였다.<sup>[7]</sup>



X-ray Sensitivity Measurements



Dark Current Measurements

그림3 전기적 특성 측정 모식도

## III. 결과

Screen-Print Method의 경우 시편의 형태학적 상태에 따라 시편의 전기적, 물리적 특성에 많은 영향을 미친다. 입자와 입자사이의 밀도가 증가할수록 누설전류의 감소와 신호 획득 량이 증가함으로 본 실험에서는 시편의 성능 측정을 위하여 SEM(Scanning electron Microscopy)을 이용하여 물질의 표면과 단면을 촬영하여 박막 입자의 형태 및 제작된 박막의 상태를 확인한 결과 HgI<sub>2</sub>를 3roll-mill을 이용하여 밀입자 형태로 만든 후 바인더의 양과 시료의 점도를 조절하여 시편을 제작하였을 때 시편 내부에 입자들의 간격이 조밀해 졌으며 고밀도 형태로 만들어 졌다는 것을 알 수 있었다.(그림4)

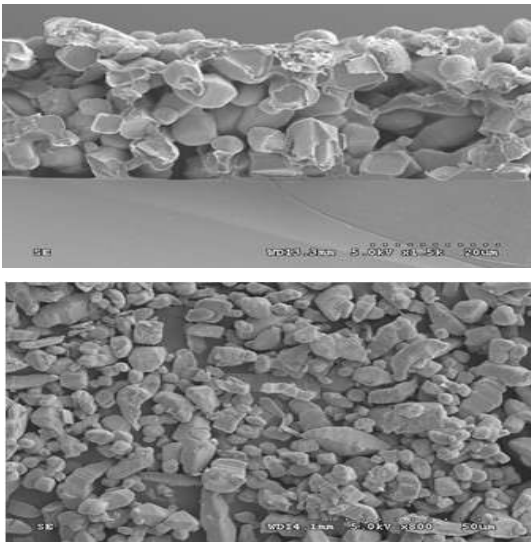


그림 4. 제작된 Hgl<sub>2</sub> 필름의 단면과 상부 SEM 사진

제조된 필름의 전기적 특성은 그림 5.에서 보여주고 있다. 전기적 특성은 구동 전압의 범위에서 민감도, 누설전류, 신호 대 잡음비에 의해 평가 되었다. 그 결과 1×1cm<sup>2</sup>를 기준으로 하였을 때 전극의 크기에 따라 민감도는 2×2cm<sup>2</sup>일 때 4배, 3×3cm<sup>2</sup> 전극크기에서는 9 배가 증가할 것으로 예상 하였지만, 아래 그래프에서 보여주듯이 1V/μm 기준 1×1cm<sup>2</sup>일 때 민감도는 11nC/mR-cm<sup>2</sup>이며, 2×2cm<sup>2</sup>일 때 약 2배 증가한 22nC/mR-cm<sup>2</sup>으로 측정되었으며, 3×3cm<sup>2</sup>일 때 26nC/mR-cm<sup>2</sup>으로 측정되었다. 실제 1V/μm일 때 1×1cm<sup>2</sup>의 신호는 3×3cm<sup>2</sup> 전극크기에서의 신호의 1/9 정도인 2.9nC/mR-cm<sup>2</sup>로 나타나야 하는데 edge effect에 의해 그것보다 큰 11nC/mR-cm<sup>2</sup> 나타났다. 이것은 실제 3×3cm<sup>2</sup> 크기인 하부전극과 시편면적에 비해 1×1cm<sup>2</sup> 크기의 상부전극 구조에서, 전기장 인가에 따라 시편면적 중 X선에서 의해 1×1cm<sup>2</sup> 크기 외에서 발생한 신호량이 3×3cm<sup>2</sup> 크기인 하부전극을 통해서 수집되어서 크게 나타난 것으로 분석된다. 또한 누설전류의 경우 1V/μm 기준 1×1cm<sup>2</sup> 일 때 1.4nA/cm<sup>2</sup>, 2×2cm<sup>2</sup>는 2.3nA/cm<sup>2</sup>, 3×3cm<sup>2</sup> 일 때 3.8nA/cm<sup>2</sup>로 측정되었다. 이것 또한 상부 및 하부전극 면적이 다른 구조에 기인한 edge effect 효과에 의해 상부전극 1×1cm<sup>2</sup> 시편에서의 누설전류가 예상치보다 크게 측정되었음을 확인할 수 있었다. 실제 가장 정확한 민감도와 누설전류의

측정은 하부전극의 크기에 따라 상부전극의 크기가 동일하여 edge effect의 영향을 받지 않고 측정된 3×3cm<sup>2</sup> 시편이라고 할 수 있다.

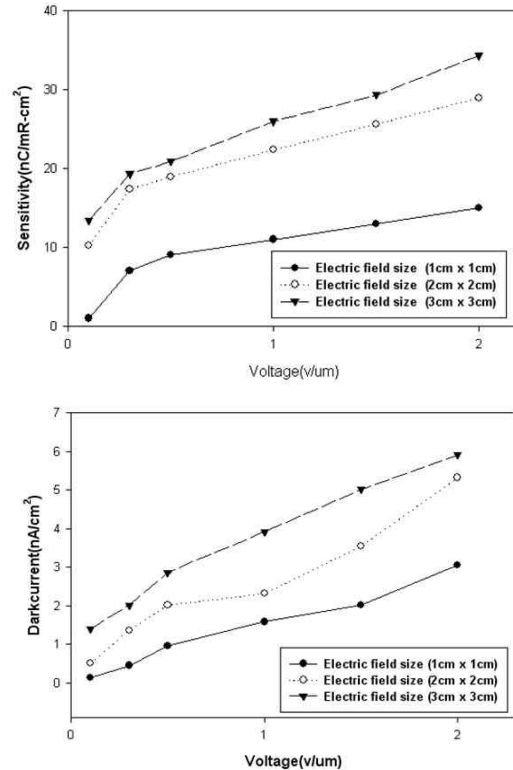


그림 5. 인가전압에 따른 민감도, 누설전류

#### IV. 고찰 및 결론

본 실험에서는 디지털 방사선 검출기에서 직접방식처럼 사용된 광도전체의 전기장의 크기와 필름 면적의 비율을 조정에 따라 민감도에 변화가 있는 것을 보여주고 있다. 또한 제작된 필름의 상.하부 전극면적이 상이함에 따라 전기장 면적이 다르고 이에 따라 상부의 전극이 작더라도 누설전류 또한 증가함을 알 수 있다. 이것은 신호의 민감도와 누설전류가 동시에 증가하기 때문에 신호 대 잡음 비에서의 큰 향상은 얻어낼 수 없지만 실제 검출기를 제작할 때에는 상.하부의 전극면적을 같게 하여야 전극 주변 부분에서 수집되는 전하량이 틀려져 영상에 영향을 주는 현상을 없앨 수 있을 것으로 판단된다. 하지만 본 연구에서는 상부

전극의 크기만으로 비교를 하였기 때문에 상부전극을 다르게 패터닝하여 비교하는 실험으로 전극 주변에서 발생하는 전하의 영향이 어떻게 나타나는지에 대한 연구가 더 진행되어야 할 것으로 판단되어 진다. 이에 영상에는 영향을 미치지 않고 누설전류를 감소할 수 있는 상부전극에 대한 연구도 함께 진행되어야 할 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] Robert A. Street, Steve E. Ready, L. Melekhov, et al. Approaching the Theoretical X-ray Sensitivity with HgI<sub>2</sub> Direct Detection Image Sensors, Proc. SPIE, Vol.4682, pp.14-421, 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
- [4] M. Schieber, H. Hermon, A. Zuck, A. Vilensky, L. Melekhov, R. Shatunovsky, E. Meerson, Y. Saado, E. Pinhasy and RA. Street: J. Crystal Growth, Vol.225, pp.118-123, 2001
- [5] Street R A, Ready S E, Van Schuylenbergh K, Ho J, Boyce J B, Nysten P, Shah K, Melekhov L and Hermon H: J. Appl. Phys, Vol.91, pp.334555, 2002
- [6] Zentai G, Partain L, Pavlyuchova R, Proano C, Breen B, Taieb A, DaganM, SchieberMand Gilboa H: Proc. SPIE Vol.5368, pp. 20010, 2004
- [7] IEC6220-1:Medical Electrical Equipment Characteristics of Digital X-ray Imaging Devices-Part 1:Determination of the Detective Quantum Efficiency (International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland, 2003), 2003