

Screen printing method로 제작된 의료용 광도전체 필름의 Thickness의 따른 X선 검출 특성 평가

이영규, 윤민석, 김동혁, 천송이, 정복동****, 강상식***, 박지균***, 문치웅*,**, 남상희*,**

인제대학교 의용공학과, 인제대학교 의료영상과학 대학원*, 인제대학교 의료영상연구소**, 한국국제대학교 방사선학과***,
인피니트****

The study of X-ray detection characteristic and fabrication photoconductor film thickness for Screen printing method

Y. K. Lee, M. S. Yon, D. H. KIM, S. L. Chun, B. D. Jung****, J. G. Park***, 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***, Infiniti****

요 약

HgI₂의 경우 타 광도전체 물질(a-Se, a-Si, Ge, etc)등에 비해 X선 민감도가 우수하며, 낮은 인가전압에서 구동이 용이한 특성을 가지고 있다. 이러한 특성을 바탕으로 본 연구에서는 HgI₂ (Mercury Iodide) 기반의 평판형 디지털 방사선 광도전체 필름을 두께에 따른 구현에 관한 연구를 수행하였다.

본 연구에서는 기존의 PVD(Physical Vapor Deposition)방법의 두꺼운 대면적 필름제조가 어려운 문제점을 해결하기 위해 Screen printing 방법을 사용하였다.

바인더의 종류로는 PVB (Polyvinylbutyral)와 DGME (Diethylene Glycol Monobutyl Ether)와 계면활성제 역할을 하는 DGMEA (Diethylene Glycol Monobutyl Ether Acetate)로 제작하는 바인더를 사용하여 Screen Printing법을 이용하여 각각의 다른 두께를 가지는 다결정의 HgI₂ (Mercury Iodide) 필름을 제작하였다.

제작된 필름의 전기적 특성을 dark current, X-선 sensitivity와 SNR(Signal to Noise Rate) 등을 측정하여 정량적으로 평가 하였다. 그 결과 DG계 200um의 근사하게 제작한 HgI₂ (Mercury Iodide) 필름의 전기적특성이 가장 좋게 측정되었다. 얻어진 결과로 볼 때 HgI₂ 기반의 의료용 광도전체 필름은 기존의 a-Se(Amorphous selenium; a-se)를 이용한 디지털 방사선 광도전체 필름의 대체 적용에 대해 충분한 가능성을 보였다.

Key word : 광도전체, HgI₂, Screen printing, thickness, a-Se

Abstract

Mercury Iodide as good sensitivity at radiation and has an easy peculiarity that operates at low voltage for other photoconductors(a-Se, a-Si, Ge, etc) Based on this characteristic, we studied about an efficiency of the digital x-ray detector in accordance with the thickness of photoconductor.

To solve the problem that is difficult to make a large area film using PVD(Physical Vapor

Deposition)method, we used a PIB(Particle In Binder)method.

To make a binder paste, we used a PVB(Polyvinylbutyral) as a binder and a DGME(Diethylene Glycol Monobutyl Ether), DGMEA(Diethylene Glycol Monobutyl Ether Acetate) as a solvent. Using this binder paste, we made a polycrystal mercury iodide film that has an each thickness.

To evaluate the electrical properties of this films, we measured a darkcurrent, sensitivity and SNR(Signal to Noise Ratio).

Mercury iodide film of the 200um thickness has good electrical properties as a result of the measurement. From this result there is a good chance that replace the existing a-Se(Amorphous selenium; a-se) with the mercury iodide.

I. 서론

X선 영상을 Film 없이 직접 X선 조사에 의해 영상 검출 센서에서 발생하는 인체 내 정보를 전기적 영상 신호로 검출하여 Digital Image를 획득하기 위한 X선 검출 장치를 Digital X-ray Detector(DXD)라 한다^[1-3]. DXD에 쓰이는 현재 상용화된 X선 영상 검출기 물질인 비정질 셀레늄(a-Selenium)의 문제점을 해결하기 위해 새로운 광도전체 물질에 대한 관심이 국내외 적으로 높아지고 있다. a-Se의 단점을 보완하고 성능을 향상시키는 여러 대안 물질로써 최근 새로운 반도체 화합물에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 후보 물질로 요오드화수은(Mercury Iodide:HgI₂), 요오드화

납(Lead Iodide:PbI₂),요오드화주석(Stannum Iodide:SnI₂), 브롬화납(Lead Bromide:PbBr₂), 카드뮴 텔루라이드(Cadmium Telluride: CdTe) 등이 거론되면서 주로 보고된 자료들에 따르면 누설전류에 따른 효율적인 신호 대 잡음비(Signal to Noise Ratio:SNR) 획득의 어려움을 들 수 있는데 광도전체 필름의 두께에 따른 누설전류를 저감시킨다면 극대화된 효율을 얻을 수 있다. 본 연구에서는 새로운 물질로 부각되고 있는 HgI₂ (Mercury Iodide)를 screen printing 방법으로 제작하여 그 성능을 개선시키고자 함이다. 이는 앞에서 언급한 누설전류 저감과 민감도 증가를 통해 박막의 SNR을 높임으로서 screen printing방법으로 제작된 박막의 성능과 유사한 성능을 지닐 수 있는 직접변환방식의 HgI₂ (Mercury Iodide) 방사선 검출기를 개발하고자 하는 것이다. 이를 위해 HgI₂ (Mercury Iodide)의 필름제작에 있어 최적화 된 두께를 알아보하고자 한다.

II. 연구 재료 및 방법

1. Screen printing법

본 연구에서는 screen printing 방법으로 광도전체 필름을 제작하기 위하여 고순도社의 순도 99.999%의 HgI₂ (Mercury Iodide) 사용하였다. 기존에 연구된 문헌에 의하면 screen printing법으로 제작된 다결정 박막의 경우 grain size에 따른 효율 변화가 보고되어 여러 회사의 시료중 고순도社의 시료가 가장 적절함을 평가하였다^[3]. 페이스트 제작을 위한 바인더로서 Poly-vinyl butyral(JERSEY), Ethylcel lulose(Aldrich)등이 사용 되었다. 선행 연구를 통해 광도전체 필름의 두께에 따라 누설전류와 신호량에 큰 영향을 미침을 확인 하였고, 용매를 건조시키는 적정 온도와 시간의 최적화에 대한 연구가 시행되었다^[4-5]. Polyvinylb utral은 용매와의 비율에 따라 적절한 시간을 통제하기 용이하고 이에 따라 용매 건조에 따른 표면 크랙 방지와 표면 균일도 향상에 크게 작용하였다. 이는 대면적 공정에서 더욱 확연히 보였고 좋은 균일도가 측정 되었다.

2. 시편의 제작

본 연구에서 사용된 시편은 ITO 위에 HgI₂ (Mercury Iodide) Single-layer 구조로서 그 각각은 박막 제작 특성에 맞게 형성하였다. 먼저 박막 형성을 위해 기판(corning glass, 0.7t)표면에 있는 이물질과 유기물을 제

거하기 위하여 아세톤으로 깨끗이 닦은 후 중크롬산 칼륨(KCr_2O_7)용액에 24시간 동안 담근 후 초음파 세척기로 3-4시간 세척 후 마지막으로 증류수를 흘려 행구었다. 이렇게 세척된 기판 위에 하단전극(bottom electrode)으로서 ITO(indium tin oxide)를 형성하고 $5\text{cm} \times 5\text{cm}$ 의 크기로 절단 후 Mercuric Iodide를 앞에서 설명한 Screen printing법을 이용하여 박막을 제작하였다. 시편 제조를 위해 HgI_2 (Mercury Iodide) powder (99.9%, Cerac Co., USA)를 폴리머 물질에 교반 하여 Metal-폴리머(Polyvinylbutral, across) 결합을 가진 Paste를 제조하였다. 이 Paste을 이용하여 screen printing 방법으로 시편을 제조 하였다. screen printing 방법은 screen printer에 스크지를 사용하여 시편을 제조 후 건조 처리 과정을 거친다.

HgI_2 (Mercury Iodide)시편은 ($3\text{cm} \times 3\text{cm}$) 크기와 $100\mu\text{m}$ 에서 $300\mu\text{m}$ 의 두께를 가지며 1015 에서 1016 Ohm-cm의 고저항성을 가진 유전체를 상부에 증착 하였고 샘플필름의 최상단에는 투명한 indium thin oxide (ITO) 전극을 시편 최상부에 증착 하였다. 구조적 영상을 얻기 위해 Scanning electron microscopy (Hitachi S-4300SE, Japan)을 사용하였고, 누설전류는 인가전압 후 암 상태에서 시편에 흐르는 전류를 측정하였다. 장비는 electrometer (Keithley 6517A, USA) 와 power supply (DEI PVX-4110, USA)를 사용하였다. 신호 Lag은 X-선 노출 후 획득된 첫 신호와 33ms후 획득한 두 번째 신호의 비율을 나타낸다. X-선 민감도 측정을 위해서 Toshiba DRX 353570 장비를 사용하였다. X-선 노출(조사조건 70kvp, 100mA, 30ms) 후 수집된 신호파형은 oscilloscope (LeCroy62Xi, USA)를 사용하였다. 모든 수집된 신호는 적분하여 계산된 것이다. Fig.1 은 이러한 과정을 도식화 한 것이다. 1015-1016 $\Omega\cdot\text{cm}$ 의 비저항을 가진 유전체를 열 증착법을 통해 증착하였다. 샘플 시편의 최상단에는 ITO전극을 Sputtering method를 이용하여 증착하였다. Fig.2는 최종적으로 제작 된 시편의 모식도이다.

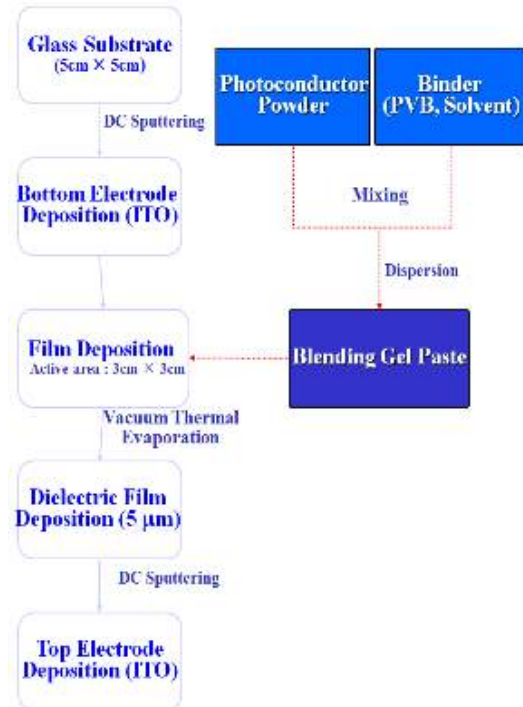


Fig. 1. 광도전체 필름 제작과정

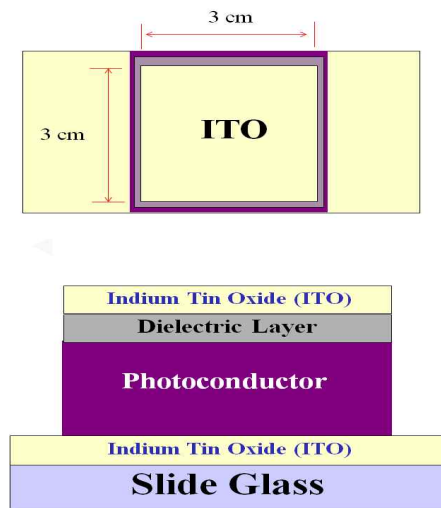


Fig. 2. 제작된 시편의 모식도

III. 연구 결과

1. SEM

입사되는 방사선에 의해 실제 발생하는 전기적 신호량의 크기는 매우 작으므로(μC 정도의 전하량) 방사선 검출기의 제작에 있어 정확한 누설전류 제어는 반드시 필요하다. 특히 열잡음이 문제시되는 반도체 검출기의 경우 특히 누설전류에 대한 제어는 필수적이다. 본 연구에서는 screen printing 법으로 제작된 시편 위해 버퍼층(Buffer layer)을 삽입하고 누설전류의 저감 확인을 위해 인가전압은 전압발생기(EG&G 558H)를 이용하여 측정 하였고 이때 발생하는 누설전류를 동일한 조건하에서 측정하기 위하여 전압 인가 후 1분 후 전류측정기(Keithley 6517)를 이용하여 측정하였다. 또한 PIB법으로 제작된 시편은 시편의 성능 측정이 매우 중요하다. 본 연구에서는 시편의 제작된 구조적 특성을 측정하기 위해 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 시료의 상태, 적층구조부분형태 및 제작된 박막의 단면 상태를 확인 하였다. Fig.3과 Fig.4는 각 시편의 주사전자현미경(SEM)사진이다. 기존 문헌에 언급된 방법과 같이 기준점에 대하여 일정 간격으로 두께를 측정하여 평균값과 편차가 확인 되었다^[6].

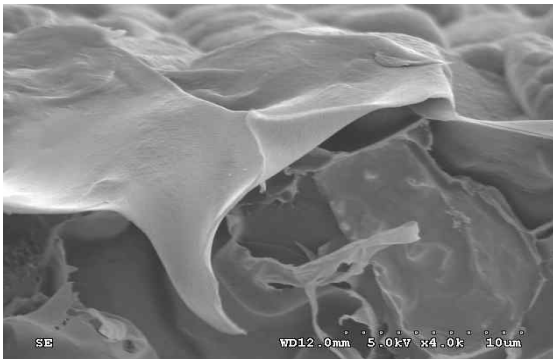


Fig. 3. screen printing으로 제조된 SEM사진

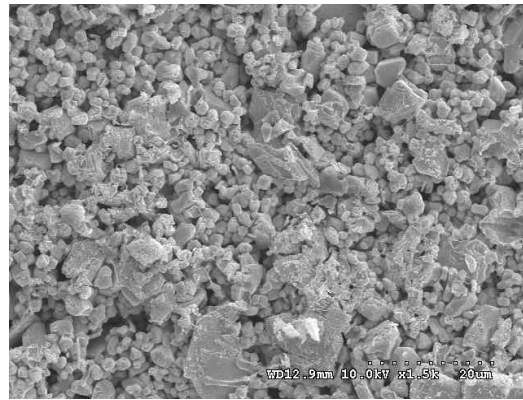


Fig. 4. screen printing으로 제조된 SEM사진

2. 전기적 특성

디지털 x-선 검출기의 누설전류는 영상구성에서 중요한 요소로 작용된다. Fig.5 는 제작된 검출기의 동작 전압에서 측정된 누설전류 결과 값이다. 측정된 누설전류는 PVD방법으로 제작된 검출기에 비해 상당히 낮은 수치로 기존 문헌들과 비교했을 때 screen printing 방법으로 제작된 광도전체에 대해서 누설전류 특성이 상당히 향상 되었음을 보여준다^[7]. 또한, Fig.6은 x-선에 대한 검출기의 민감도를 나타내었다. 선행 연구보고에 의하면 electron mobility lifetime은 screen printing방법으로 제조된 검출기가 PVD방법으로 제조된 검출기보다 낮다고 보고 되어진다. Fig.7은 획득된 누설전류와 X-선 민감도(Sensitivity)를 통해 SNR이 계산 되었다. 상대적 비교를 위해 SNR은 조사선량 $1\text{mR}/\text{cm}^2$ 에서 동일하게 비교 되었다. 주로 결과치가 200~300정도 이상으로 현재 상용화 되어 가장 많이 쓰이는 a-Se과 비교 하면 훨씬 높음을 나타낸다. 바인더의 비율은 다른 바인더들의 비해 약 $200\mu\text{m}$ 로 제작된 광도전체 필름의 누설전류와 신호 그리고 SNR이 훨씬 향상되어 나타나 있음을 알 수 있다.

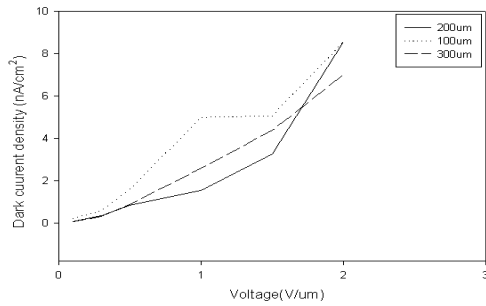


Fig.6 Dark current

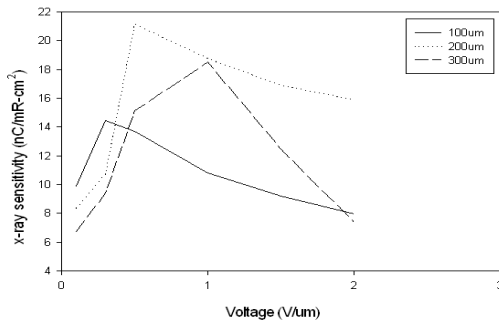


Fig.7 Sensitivity

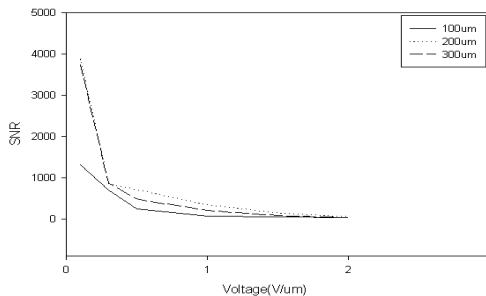


Fig.8 Signal To Noise Ratio

IV. 결 론

본 연구에서는 HgI₂ (Mercury Iodide) 기반의 평판형 디지털 방사선 검출기 구현에 관한 연구를 수행하였다. 기존에 사용되어 오는 비정질 셀레늄 기반의 디지털 방사선 검출기 보다는 높은 신호 및 동작 특성을 가지는 HgI₂ (Mercury Iodide) 기반의 디지털 방사선 검

출기의 개발에 있어서 핵심 요소인 HgI₂ (Mercury Iodide) 물질 층 제작을 구현하는 것이다. 이는 빠른 영상획득을 통해 기존의 방식이 가지는 문제점을 해결하고 의료기기 디지털화를 구현할 수 있는 차세대 시스템을 개발하고자 하는 것이다. 궁극적으로 HgI₂ (Mercury Iodide)을 이용한 직접 변환방식의 디지털 방사선 검출기 구현을 통해 환자의 피폭을 최소화 할 수 있고 국내 의료용 영상처리장치인 PACS등과 연동이 가능한 검출기를 구현하고자 하였다. HgI₂ (Mercury Iodide)의 경우 타 광도전 물질등에 비해 X선 민감도가 우수하며, 낮은 인가전압에서 구동이 용이한 특성을 가지고 있다. 본 연구에서는 screen printing 방법을 이용하여 다결정 HgI₂ (Mercury Iodide) 필름을 제조하여 전기적 검출특성을 정량적으로 평가하였다. 본 연구에서 처음으로 screen printing 방법을 이용하여 제조된 HgI₂ (Mercury Iodide) 필름의 X선 검출특성을 비교하였다. 이러한 전기적 특성과 구조적 특징을 조사하기 위해 의료진단영역의 에너지 에너지에 대한 누설전류, X선 민감도와 신호대 잡음비 등을 측정하였다. HgI₂ (Mercury Iodide)층을 약 100~300um의 두께로 형성하였고 상부전극으로는 ITO를 형성하였다. 이러한 결과로 비추어 볼 때 HgI₂ (Mercury Iodide) 기반의 디지털 방사선 검출기는 종래의 비정질 셀레늄 기반의 의료 방사선 영상 시스템의 대체적용을 위한 충분한 가능성을 보였으며, 향후 실 공정 기술을 위한 더 많은 연구가 필요할 것으로 사료되어진다.

참고문헌

- [1] 남상희, 윤정기 : 디지털 X선 detector 설계를 위한 비정질 실리콘 박막 트랜지스터의 특성해석. 대한의용생체공학회지, Vol.20, No.1, pp.228-229, 1998
- [2] 남상희, 박성광, 최준영 등 : 비접촉식 Probe를 이용한 Digital Image의 구현, 대한의용생체 공학회지, Vol 1, pp.224-225, 1998
- [3] M. Schieber, A. Zuck, Melekhov, et al : High flux X-ray response of composite mercuric iodide detectors, Proc. of SPIE, Vol.3768, pp.296-309, 1999
- [4] Brian David Yanoff, Zhaoping Wu, Kun Tao, et al : Particle in binder X-ray sensitive coating using polyimide binder, USA patent, No.US 2007/0122543A1, 2007
- [5] Chiwon Choi, Kyungjin Kim, Sangsik Kang, et al : The study

of evaluating semiconductor performance of mercuric iodide film fabricated with new particle in binder for large area X-ray imaging, ICMAT Materials research society of singapore, ISBN 978-81-904438-0-7, 2007

- [6] Satoshi Tokuda, Hiroyuki Kishihara, Susumu Adachi, et al : Preparation and characterization of polycrystalline CdZnTe films for large area, high sensitivity X-ray detectors, Journal of materials science, Vol.15, pp.1-8, 2004
- [7] Zentai G, Partain L, Pavlyuchova R, et al : Mercuric iodide medical imagers for low exposure radiography and fluoroscopy, Proc. of SPIE, Vol.5368, pp.200-210, 2004