

Fluoroscopy 적용을 위한 Mercuric Iodide film 특성 평가

강상식, 박지균, 조성호, 윤경준, 강현규¹, 남상희²
인제대학교 의용공학과, 인제대학교 의료영상연구소

Chracteristic Evaluation of Mercury Iodied Film for Fluoroscopy Application

Sang-Sik Kang, Ji-Koon Park, Sung-Hoo Cho, Kyoung-Jun yoon, Hyun-Gyu Kang¹, and Sang-Hee Nam²
Dept. Biomedicalengineering, Inje university, Radiation Imaging Laboratory.

Abstract

본 연구는 방사선 영상센서 적용을 위한 HgI₂ 필름의 특성 평가에 관한 것으로서 X-선 조사조건별 인가전압에 따른 검출신호 특성을 조사하였다. 기존의 HgI₂ 검출기의 경우 신호량이 크다는 장점이 있으나 노이즈의 양이 크다. 이에 대한 해결책으로 보호층을 삽입하나 이 경우 X-선 조사에 따른 시간 응답 특성이 있어서 전하트랩현상(tailing effect)에 의한 영향이 크게 존재하였다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하고자 보호층으로써 a-Se 을 삽입하여 기존의 HgI₂ 검출기에서 사용되어지는 parlyene이 삽입된 검출기와 전기적 특성을 측정, 비교해보고자 한다. 제작방식으로는 대면적 제작이 용이한 스크린 프린팅 방식을 이용하여 두께 140 μm와 3 cm × 2 cm 면적으로 제조하였다. 측정결과, a-Se을 보호층으로 사용한 HgI₂ 필름이 민감도는 거의 비슷하나 누설전류가 안정화 되는데 걸리는 감소시간(decay time)이 parlyene을 사용한 구조에 비해 훨씬 낮았다. 또한 X선에 대한 민감도는 기존의 a-Se에 비해 월등히 높아 적은 방사선 조사량(radiation dose)에서도 신호검출이 가능하여 저선량이 요구되는 방사선 투시촬영(digital fluoroscopy) 적용에 유용할 것으로 기대된다.

Key Words : Hgl₂, screen printing, passivation layer, I-V characteristics

1. 서 론

디지털 엑스레이 영상에 있어서 직접 변환 방식에 대한 연구가 근래에 들어 활발하게 이루어져 오고 있다. 이는 초창기의 a-Se과 같은 광도전체 물질의 개발로 인하여 이루어지며 이러한 광도전체 물질의 특성에 따라서 디지털 엑스선 영상에 많은 영향을 미치게 된다. a-Se의 경우 X선에 의하여 전자-정공쌍(EHP)를 만들어 내기 위해서는 고전압의 외부 구조를 가지기에 이에 따라 검출을 위한 TFT 패널 및 시스템 상에 전체적으로 많은 손상을 주게 되며 이에 따른 노이즈 발생도 많음을 볼수 있다. 이러한 점을 극복하기 위하여 물질적 특성에 있어서 누설전류가 낮은 특성을 가지는 높은 비저항의 물질이 연구되고 있으며 이와 함께 높은 광자 효율과 상대적으로 낮은 전압에서도 전자-정공쌍을 만들어 내는 물질이 필요로 하게 된

다. 이는 전체적으로 신호대 잡음비(SNR)가 높은 영상을 얻을수 있으며, 뿐만 아니라 이와 함께 내부적으로 발생된 전기장(electric field)에 의해 신호 전하가 수집전극으로 이동하는 과정에서 전하 수집효율이 높은 물질로써 HgI₂가 활발히 연구되고 있다. [1-2]

HgI₂는 높은 원자 번호와 낮은 일함수(W)를 가지기 때문에 X선 흡수율이 높고 전자-정공쌍(EHP)의 생성량이 많기 때문에, a-Se에 비하여 상대적으로 낮은 전압에서 구동하므로 TFT(Thin film transistor)와 같은 검출 회로의 파괴 및 손상을 막을 수 있다. 이러한 HgI₂를 이용하여 기존에 사용되고 있는 정지영상뿐만 아니라 투시영상에 사용 가능한 의료 영상 장치의 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. [3]

본 연구에서는 투시영상 적용을 위하여 HgI₂에 유전층으로 a-Se과 Parlyene을 사용하였다. 이렇게

제조되어진 HgI_2 를 통하여 각각의 누설 전류 및 전하 수집에 따른 전기적 특성을 측정하였으며 이에 따른 물질을 최적화하고자 하였다.

2. 실험

2. 1. 실험 시편

본 연구의 제작된 HgI_2 시편은 순도 99.9% (3N)이며 열처리를 하여 순도를 높이기 위한 과정을 거쳤다. 기존 다결정 구조의 HgI_2 필름 제조를 위해 사용되었던 PVD 방식은 제조 과정이 복잡하고, 증착 과정이 오래 걸리는 단점을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 제조 공정이 쉽고, 대면적 증착이 가능한 스크린 프린팅 방식을 이용하여 HgI_2 층을 형성하였다. 그림 1.에서와 같이 HgI_2 의 두께는 $150 \mu m$ 이며 이에 앞서 먼저 기판으로 사용되는 indium tin oxide(ITO) 유리를 30분간 초음파 세척을 하였으며 이와 함께 D.I water로 세척 후 질소 건(gun)으로 수분제거를 하였다. 누설전류 저감 및 외부 전기장에 따른 고전압의 방지를 위한 보호층으로는 a-Se과 parylene를 사용하였으며 a-Se 층의 제조는 진공 열 증착 방식을 이용하여 형성하였다. 보호층의 형성 후 전기장 형성을 위한 상부 전극(top electrode)은 dc 스퍼터링 방식을 이용하여 ITO 층을 형성하였다. 제작된 HgI_2 층의 두께는 약 $150 \mu m$ 이며 면적은 $20 \times 20 mm^2$ 이다. 상부(Top) 전극으로 사용된 ITO 층의 경우 $15 \times 15 mm^2$ 으로 제작하였다.

2. 2. 실험장치

Fluoroscopy 적용을 위한 X선 발생 장치로는 Toshiba 社 DRX 35357를 사용하였으며 이때 사용되는 시편은 신호와 노이즈의 관계를 비교하기 위하여 누설전류와 X선 감도(sensitivity)를 측정하였다.

누설전류(Dark current) 측정은 고전압발생기(EG&G 558H, USA)를 이용하였으며 암실에서 시편의 양단에 고전압을 인가 후, 발생하는 전류를 Electrometer(Keithley 6517A, USA)를 이용하여 측정하였다. X선 노출 후 생성되는 신호의 파형은 오실로스코프(LeCroy LC334AM, USA) 얻어졌다. 총 전하량은 획득한 파형을 Intergration 함으로서 계산되어졌다.

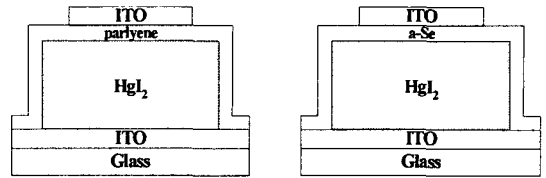


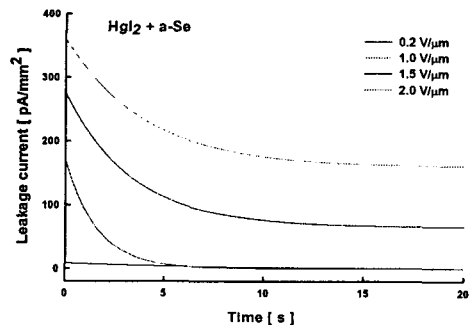
그림 1. 제조된 시편 구조.

3. 결과 및 고찰

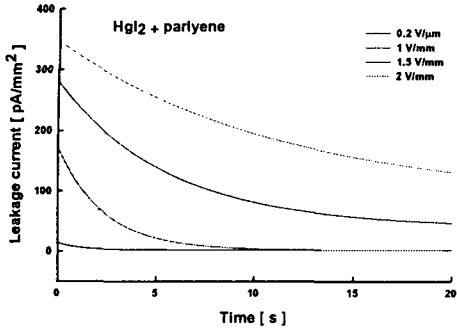
3. 1. 누설 전류

그림 2.에서는 X-선 조사에 따른 HgI_2 필름의 시간에 따른 누설전류 안정화 특성을 나타내고 있다. 인가된 전기장의 증가에 따라 안정화를 위한 누설 전류 감소시간(decay time)은 길어짐을 확인할 수 있었다. 즉, $2 V/\mu m$ 전기장 인가시 누설 전류 안정화되는데 요구되는 시간은 parylene을 보호층으로 사용 시 약 10초 정도의 다소 긴 안정화 시간을 가지는 반면, a-Se 층을 사용한 HgI_2 필름은 약 1/2 정도의 빠른 안정화 경향을 보였다.

인가전압에 따른 누설전류 특성을 그림 3.에 나타내었다. a-Se와 parylene을 보호층으로 사용한 각각의 HgI_2 필름은 인가전압의 증가에 따라 누설 전류가 급격하게 증가하는 경향을 보였다. $1 V/\mu m$ 의 전기장이 인가되었을 때, a-Se를 보호층으로 사용한 HgI_2 필름은 약 $9.2 pA/mm^2$ 정도인 반면, parylene 보호층을 형성한 HgI_2 필름은 약 $5.17 pA/mm^2$ 의 누설전류 값을 가졌다. 이러한 누설전류 값들은 일반적인 방사선 영상소자에서 요구되는 $10 pA/mm^2$ 보다 낮은 우수한 누설 전류 특성을 지님을 확인할 수 있었다.



(a) ITO/a-Se/ HgI_2 /ITO



(b) ITO/parylene/HgI₂/ITO
 그림 2. 전압인가후 시간에 따른 누설전류

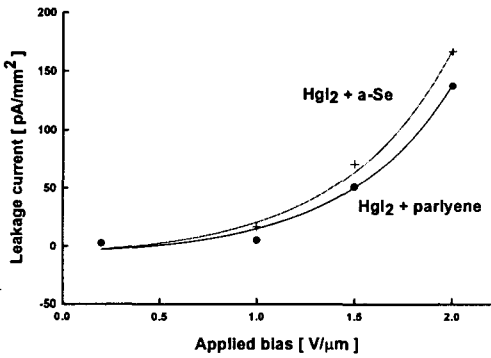
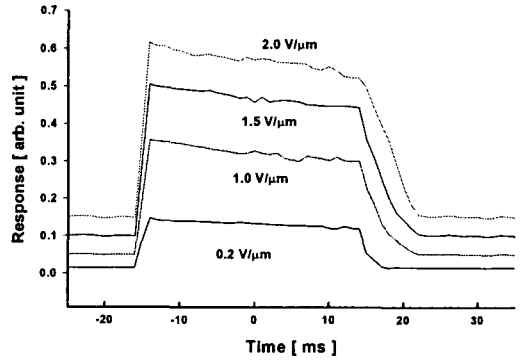


그림 3. 인가 전압에 따른 누설전류

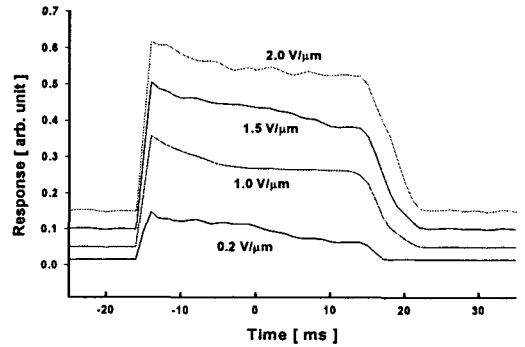
3. 2. X선 반응 특성

인가전압에 따른 민감도 a-Se/HgI₂였다. 일반적으로 X선 민감도는 단위 조사선량당 단위 면적당 전하량으로써 정의되어진다. 따라서 이러한 민감도는 시편의 광자효율(QE)와 변환효율에 의존한다. X선의 조건은 70 kVp에 2 mm의 알루미늄 parylene/HgI₂ 필터가 사용되었다. 그림 4는 X선 조사시간에 따른 X선 반응 특성의 신호파형을 나타내고 있다. 그림에서 나타난 것과 같이 a-Se 보호층을 이용한 HgI₂ 필름의 경우 광도전체층 내에서 전하 트랩과 전기장 약화에 따른 전하트랩효과가 저감되는 것을 볼 수 있다. parylene 보호층을 사용한 경우 이러한 신호 감소가 더 크게 나타나는데 이는 parylene 보호층이 내부 발생 전하의 흐름을 방해하기 때문이다. a-Se 보호층을 사용한 경우 약 20%의 신호 감소가 일어났는데 비하여 parylene 보호층 사용 시 약

34.5%의 신호 감소가 일어났다.



(a) ITO/a-Se/HgI₂/ITO



(b) ITO/parylene/HgI₂/ITO

그림 4. 시간에 따른 X-선 반응 특성

3. 3. X선 반응 특성

그림 5에서는 조사선량에 따른 단위면적당 발생 전하량을 나타낸 것이다. 그림에서 보여지는 것과 같이 조사선량 증가에 따라 전하값이 넓은 영역에서 대체로 선형적으로 증가한다는 것을 알 수 있다. 또한 parylene 층에 비해 a-Se 보호층을 가지는 HgI₂ 검출기가 상대적으로 10 μm 이하의 낮은 조사선량에서도 우수한 신호검출특성을 가짐을 알 수 있었고, 이러한 결과로부터 a-Se 보호층과 HgI₂ 신호검출층으로 이루어지는 X선 영상소자는 차세대 디지털 투시촬영(digital fluoroscopy) 적용 가능성을 지니고 있다.

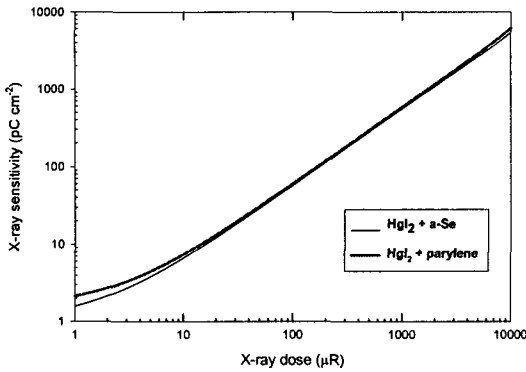


그림 4. 조사선량에 따른 X-선 민감도

4. 결론

현재 a-Se 를 대체할 물질로서 많은 물질이 연구되고 있다. 본 논문에서는 a-Se 보다 신호량이 뛰어난 HgI₂를 이용하여 투시영상 적용을 위한 구조 설계 및 평가에 관해 조사하였다. 일반적으로 HgI₂는 신호량은 큰 편이나 노이즈가 크다는 단점이 존재한다. 보통 이러한 단점을 줄이고자 보호층으로써 parylene를 삽입한다. 그러나 이러한 보호층을 삽입함에 따라 전하트랩 현상이 나타나게 되는데 이를 위한 해결책으로 본 논문에서는 보호층으로써 a-Se를 적용시킴으로써 이러한 현상을 최소화하고자하였다.

측정 결과, 기존의 HgI₂에서 사용되어지는 parylene 을 이용한 방식에 비해 a-Se를 사용하였을 경우 X선 민감도는 거의 비슷한 반면에 노이즈 측면에서 안정화 하는데 걸리는 감소시간(decay time) 및 선형성 등에서 우수한 성능을 보였고 문제가 되어졌던 전하트랩 현상 또한 현저히 줄일 수 있었다. 본 논문에서 제안한 구조는 향후 투시영상용 평판형 영상검출기 적용을 위한 HgI₂ 기반 검출기 개발의 가능성을 제시하였다.

감사의 글

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

참고 문헌

- [1] M. schieber, H. Hermon, A. Zuck, A. Vilrnsky, L. Melekhov, R. shatunovsky, E. Meerson, and Y. Saado, "Polycrystalline mercuric iodide detectors", Proceeding of the SPIE Conf., Denver, CO, July 1999, Vol. 3770, 1999, p. 146.
- [2] M. schieber, H. Hermon, A. Zuck, A. Vilrnsky, L. Melekhov, R. shatunovsky, E. Meerson, and R. Turchetta, "High flux X-ray response of composite mercuric iodide detectors", Proceeding of the SPIE Conf., Denver, CO, July 1999, Vol. 3768, 1999, p. 296.
- [3] M. schieber, H. Hermon, A. Zuck, A. Vilrnsky, L. Melekhov, R. shatunovsky, E. Meerson, Y. Saado, M. Lukach, E. Pinkhasy, S. E. ready, and R. A. Street, "Thick films of X-ray polycrystalline mercuric iodide detectors", Journal of Crystal Growth 225 (2001) 118-123.
- [4] G. Zentai, L. Partain, R. Pavlyuchkova, C. Proano and G. Virshup, "Mercuric Iodide and Lead Iodide X-Ray Detectors for Radiographic and Fluoroscopic Medical Imaging", Proceeding of the SPIE Vol.5030, 2003, p. 77.
- [5] R. A. Street, M. Mulato, S. E. Read, R. Lau, J. Ho, K. Van Schuylenbergh, M. Schieber, H. Hermon, A. Zuck, A. Vilensky, K. Shah, P. Bennett and Y. Dmitryev, "Comparative Study of PbI₂ and HgI₂ as Direct detector Materials for High Resolution X-ray Image Sensor", Proc. of the SPIE MI 2001. Vol. 4320 (2001) p. 1.