

액정 기반 방사선 검출기 적용을 위한 광도전체의 전기적 특성 연구

강상식, 최영준, 이미현, 김현희*, 노시철**, 조규석**, 박지균

한국국제대학교 방사선학과, 한국국제대학교 소방방재학과*, 인제대학교 의용공학과**

Study on electrical properties of photoconductors for radiation detector application based on liquid crystal

Sang sik Kang, Young zoon Choi, Mi hyun Lee, Hyun hee Kim*, Si chul No**, Kyu suck Cho**, Ji koon Park

Department of Radiological Science of Korea International Univ, Department of Disaster Prevention Engineering of Korea International Univ. Department of Biomedical Engineering of Inje Univ.***

요 약

방사선 광변조기는 방사선량에 비례하여 액정셀의 광투과율의 변화를 이용하여 선량을 측정하는 소자이다. 본 연구에서는 이러한 방사선 광변조기 적용을 위해 광도전체 필름을 제작하여 전기적 특성을 비교하였다. 필름제조는 침전법과 인쇄법을 이용하여 ITO 유리기판 위에 200 μm 의 두께로 형성하였다. 전기적 특성을 분석하기 위해 I-V 측정을 하였으며, 측정된 누설전류와 민감도 값을 이용하여 신호대잡음비(SNR)를 얻었다. 측정결과, 인쇄법에 비해 침전법에 의해 제조된 HgI_2 필름이 약 40%의 누설전류 저감효과를 보였으며, 민감도는 1 $\text{V}/\mu\text{m}$ 의 전기장에서 2배 높은 값을 얻었다. 또한, 침전법에 의해 제조된 PbI_2 , PbO , CdTe 필름에 비해 HgI_2 는 1 $\text{V}/\mu\text{m}$ 에서 10 ~ 25배 높은 신호대잡음비를 가짐을 알 수 있었다. 이러한 결과로부터 침전법에 의해 제조된 HgI_2 광도전체를 방사선 광변조기에 적용함으로써 방사선량 검출기의 우수한 특성을 가질 수 있을 것으로 기대된다.

Keyword : optical modulator, liquid crystal, SNR, print method

Abstract

A X-ray optical modulator measures x-ray dose using optical transmissivity ratio change of the liquid crystal cell. To apply in this optical modulator, we made photoconductor films and compared electrical properties of this films in this study. Photoconductors are deposited on ITO glass with 200 μm using the precipitation method and print method. I-V test was conducted to analyze electrical properties of this films and measured darkcurrent and SNR was acquired using the measured dark current and sensitivity. As a result of this measurements, HgI_2 film made by precipitation method is lower(about 40%) darkcurrent than HgI_2 films made by precipitation method and sensitivity is two times greater than print method. And we knew that HgI_2 films were also 10~25 times greater SNR at 1v/ μm than PbI_2 , PbO , CdTe film made by precipitation method. This results suggest that HgI_2 films made by precipitation method has improved characteristics of x-ray dose meter by applying in x-ray optical modulator.

I. 서론

광변조기는 입사하는 광량에 의해 발생하는 유도전압에 의해 액정셀의 광투과 특성을 이용하여 광량의 정량적인 값을 얻을 수 있는 광소자이다. 이러한 광변조기를 이용하여 최근 디지털 방사선 영상검출기 개발을 위한 연구가 보고되었다.^[1-2] 이러한 방사선 검출기에서 방사선에 의해 전기적 신호를 발생시키는 광도전체는 검출기 성능에 중요한 역할을 한다. 방사선 검출을 위한 이러한 광도전체는 고에너지 방사선에 대한 높은 흡수율과 전자-정공쌍 발생 에너지가 낮아야 한다. 최근 이러한 광도전체 물질로 HgI₂, CdTe, PbI₂, PbO 등의 반도체화합물에 대한 연구가 활발하다.^[1-2] 본 연구에서는 방사선 광변조기 적용을 위해 이러한 광도전체 필름을 상온에서 수백 마이크로 이상의 두께로 제작이 가능한 침전법(Sedimentation) 과 인쇄법(Printing)을 이용하여 제조하였고, 제조된 필름에 대한 전기적 특성을 측정함으로써 적용가능성을 조사하였다.

II. 재료 및 방법

본 연구에 이용된 광도전체 물질은 HgI₂, PbI₂, PbO, CdTe을 사용하였으며, 필름형성을 위해 광도전체 분말과 액상 바인더를 이용하여 Phaste화 시킨 후, ITO가 코팅된 유리기판 위에 두께 200 μm 로 침전법 및 인쇄법으로 필름을 형성하였다. 광도전체 필름에 전기장을 형성하기 위해 상부전극으로 ITO를 스퍼터링법을 이용하여 증착하였다. 제작된 시편에 대해 X선 신호검출특성을 비교하기 위하여 인가전기장에 따른 누설전류, X-ray 민감도를 측정하였으며, 측정값으로부터 신호대잡음비(SNR)을 계산하였다. 측정에 이용된 장비는 누설전류를 측정하기 위해 암상태에서 Electrometer(Krithley6517A, USA)로 측정하였고, 전압을 인가하기 위해 전압발생기(EG & G558H, USA) 장비가 사용되었다. 민감도 측정은 도시바(社)의 DRX 353570 장비를 사용하여 발생한 전하 신호파형을 오실로스코프(LeCroy LC334AM, USA)로 획득하여 민감도를 얻었다.

III. 결과

방사선 검출기의 누설전류는 검출감도를 높이기 위해 낮은 값을 요구하고 있다. 일반적으로 방사선 영상검출기에서 요구되는 누설전류는 100 pA/mm² 정도를 요구한다. 따라서, 본 논문에서는 상온에서 인가전압에 따른 광도전체의 누설전류를 측정하였다. 그림 1.은 침전법과 인쇄법으로 제작된 HgI₂(200μm) 필름의 인가전기장에 따른 누설전류 결과를 나타내었다. 그림에서와 같이, 두 제작방법 모두 인가전압이 높아질수록 누설전류값이 지수적으로 증가하는 경향을 보였다. 또한, 2 V/μm에서 15 pA/mm² 이하의 매우 낮은 누설전류 특성을 보였으며, 인쇄법에 비해 침전법으로 제작된 HgI₂ 필름이 다소 낮은 누설전류 값을 얻을 수 있었다. 그림 2.는 인가전압에 따른 HgI₂(200 V/μm)의 X선 민감도 측정결과를 보여준다. 낮은 누설전류에 비해 X선 민감도는 인쇄법에 비해 침전법으로 제작된 HgI₂ 필름이 높은 값을 보였으며, 1 V/μm에서 약 2배 높은 값을 얻었다. 이러한 결과는 인쇄법에 비해 높은 HgI₂ 입자밀도에 의해 X선에 대한 흡수율 및 전하수 집효율의 증가에 기인한 것임을 알 수 있었다.

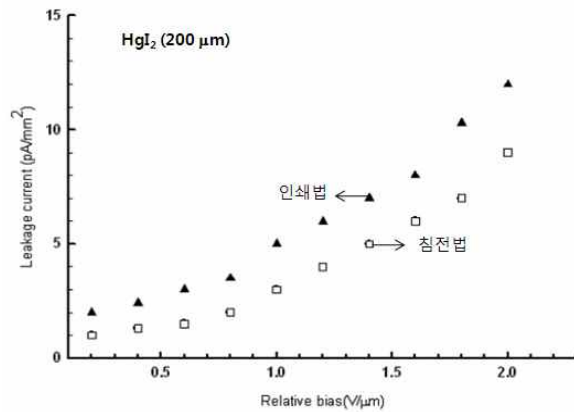


Fig 1. 인가전기장에 따른 HgI₂의 누설전류

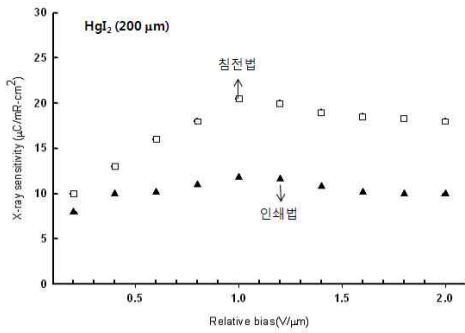


Fig 2. 인가전기장에 따른 HgI₂의 X선 민감도

이러한 누설전류와 X선 민감도 값을 신호대잡음비를 계산한 결과, 침전법에 의해 제작된 HgI₂ 필름이 1 V/μm 이하의 인가전기장에서 약 1.3 배 정도 높은 값을 얻을 수 있었다.

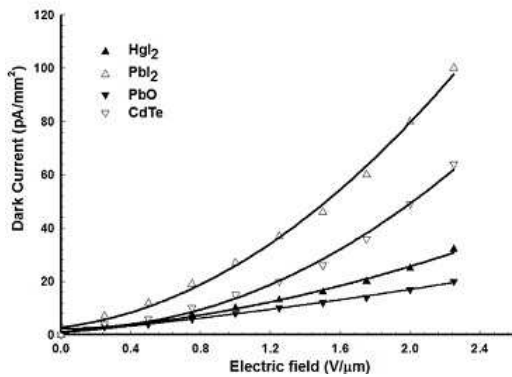


Fig 3. 침전법으로 제작된 광도전체의 인가전기장에 따른 누설전류

그림 3.은 침전법으로 제작된 200μm 두께의 HgI₂, PbI₂, PbO, CdTe 필름에 대해 인가전기장에 따른 누설전류 측정값을 나타내었다. 그림과 같이, PbI₂와 CdTe는 인가전기장이 높아질수록 급격한 지수증가 특성을 보인 반면, HgI₂와 PbO는 증가폭이 낮았으며, 거의 선형적으로 증가하는 경향을 보였다. 이러한 결과로부터 액정 기반의 방사선 검출기의 광변조기에 적용될 광도전체는 낮은 누설전류를 요구하기 때문에 HgI₂와 PbO가 적절하다고 사료된다.

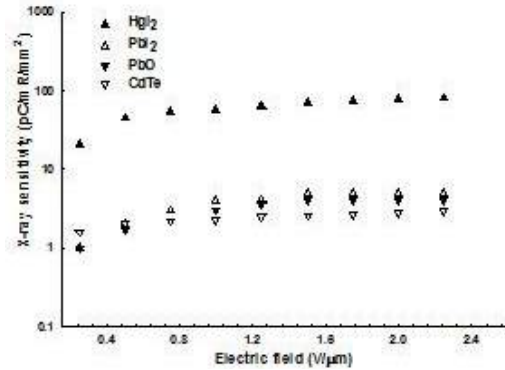


Fig 4. 침전법으로 제작된 광도전체의 인가전기장에 따른 X선 민감도

액정을 이용한 광변조기에서 광도전체는 방사선에 비례하여 전하 캐리어를 발생시켜 이러한 전하에 의해 액정을 구동시키기 위해 낮은 선량에서도 높은 전기적 신호를 생성시켜야 한다. 따라서 누설전류뿐만 아니라, 민감도가 높은 광도전체를 이용해야 한다. 그림 4.는 침전법으로 제작된 광도전체 필름의 인가전기장에 따른 X선 민감도 측정결과를 보여준다. 그림에서와 같이 PbO, PbI₂, CdTe에 비해 HgI₂ 필름이 월등히 높은 민감도 값을 얻을 수 있었고, 현재 상용화된 500um 두께의 a-Se에 비해 약 2배 이상 높은 값을 보인 반면, 나머지 광도전체(CdTe, PbO, PbI₂)는 a-Se에 비해 1/5 이하로 매우 낮은 값을 보였다.

이러한 결과는 문헌에서 보고된 증착법(PVD) 방식의 광도전체에서 보이는 결과와 크게 다른데, 증착법에 의해 제조된 광도전체는 유사한 X선 sensitivity를 가지는 반면, 본 연구에서 사용된 바인더를 이용하는 침전법(PIB)에 의해 제조된 광도전체에서 HgI₂만이 매우 우수한 결과를 가지는 것은 바인더가 광도전체의 X선 sensitivity에 크게 의존적임을 알 수 있었다.

끝으로 그림 5.는 침전법에 의해 제조된 HgI₂, PbI₂, PbO, CdTe 필름에 대해 인가전기장에 따른 신호대 잡음비를 나타내었다. 그림에서와 같이 HgI₂는 10 ~ 25 배 높은 SNR 값을 보였으며, 0.6 V/μm의 동작전압에서 가장 높았으며, 더 높은 전기장에서 감소하는 경향을 보였다. 이러한 결과로부터 방사선 광변조기에서 HgI₂ 필름은 방사선량에 비례하여 높은 유도전압을 생성시

김으로써 낮은 선량에서도 액정 광변조가 가능하여 고감도 방사선량 계측기 적용에 유용할 것으로 기대된다.

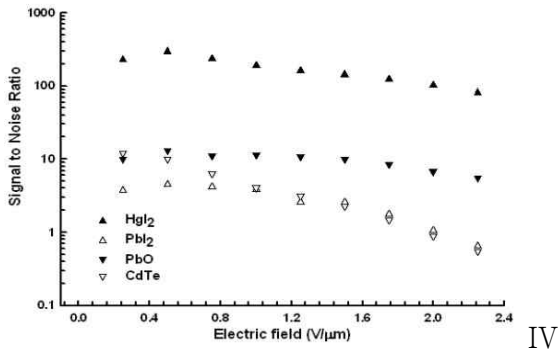


Fig 5. 침전법으로 제작된 광도전체의 인가전기장에 따른 신호대잡음비(SNR)

IV. 고찰

방사선 광변조기에 적용되는 광도전체 필름은 종래의 인쇄법에 비해 침전법이 높은 입자밀도를 가짐으로써 낮은 누설전류와 높은 방사선 민감도를 가짐을 알 수 있었다. 또한, 침전법에 의해 제조된 방사선 검출 화합물 중 HgI₂는 다른 물질에 비해 10~25배 높은 신호대잡음비를 보였으며, 이러한 결과로부터 침전법에 의해 제조된 HgI₂ 필름은 최근 연구되고 있는 액정 광변조기 기반의 평판형 영상 검출기 및 방사선량 계측기 등에 적용에 유용할 것으로 사료된다.

참고 문헌

- [1] M. schieber, H. Hermon, A. Zuck, A. Vilrnsky, L. Melekhov, "Polycrystalline mercuric iodide detectors", Proceeding of the SPIE Conf., Denver, CO, Vol.3770, pp.146, 1999
- [2] M. Schieber, H. Hermon, R. A. Street, S. E. Ready, A. Zuck, A. Vilensky, L. Melenkhov, R. Shatunovsky, E. Meerson, Y. Saado, "Radiological X-ray response of polycrystalline mercuric iodide detectors", proceeding of the SPIE Medical Imaging 2000 Conf., Vol.3977, pp.48, 2000