

## 고효율 방사선 검출 센서를 위한 PbO 박막의 소결효과에 대한 연구

정숙희\*, 김윤석\*, 김영빈\*, 김민우\*, 오경민\*, 윤민석\*, 남상희\*, 박지균\*\*

인제대학교 방사선 영상 연구실\*, 한국국제대학교 방사선학과\*\*

### The study of PbO's sintering effect for high efficiency x-ray detection sensor

Sukhee Jung\*, Yoonsuk Kim\*, Youngbin Kim\*, Minwoo Kim\*, Kyungmin Oh\*, Minseok Yun\*,  
Sanghee Nam\*, Jikoon Park\*\*

*Inje Univ. Radiation Image Laboratory\*, International Univ. of Korea. Radiological Science\*\**

#### 요약

본 연구에서는 디지털 엑스레이 검출기의 직접 방식 다결정 lead oxide(PbO)를 이용하여 고효율 방사선 검출 센서를 제작하였다. 나노 크기의 PbO 입자들은 높은 효율을 가지기 위하여 액상법에 의한 합성법을 통하여 제작되었다. 제작된 나노 크기의 PbO 입자를 이용하여 실온에서 200 $\mu$ m 두께의 후막을 PIB(particle-in-binder) 방법으로 다양한 온도에서 ITO(Indium Tin Oxide) 유리 위에 도포되었다. 제작된 PbO 후막은 누설전류, 엑스레이 감도, 신호 대 노이즈 비(SNR)을 통해 전기학적 특성이 분석되었다. 이로써 후막의 전기적 특성이 열처리 온도에 따라 많은 영향을 미치는 것을 발견하였고 산소 분위기에서 500 $^{\circ}$ C의 온도로 열처리과정을 거친 후막이 엑스레이 검출 센서로서의 효율이 가장 높다는 결론을 도출할 수 있었다.

#### Abstract

In this study, we made a high efficiency x-ray detecting sensor using the lead oxide(PbO) that are used in direct method of x-ray detector. PbO with nano size particles is produced by sol-gel method for high efficiency. The produced PbO with nano size is deposited on ITO(Indium Tin Oxide) glass in several temperature using the PIB(particle-in-binder) method. The thickness of the deposited PbO is about 200 $\mu$ m. Through the measurement of dark current, sensitivity and SNR(Signal To Noise Ratio), an electrical properties of the produced PbO film are analyzed. Therefore, we show that an electrical properties are changed according to a temperature and that the PbO film that was treated at 500 $^{\circ}$ C in O<sub>2</sub> atmosphere is the most high efficiency x-ray detecting sensor.

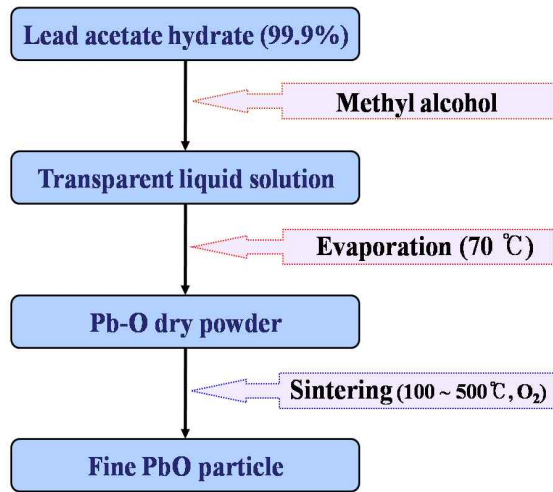
Key Word : 디지털 엑스레이 검출기, 직접방식, 액상법, 누설전류, 신호대 잡음비.

### I. 서론

광도전체를 사용한 직접변환 방사선 영상소자는 방사선에 의해 직접 변환된 전지적 신호를 검출함으로써 영상의 분해능이 우수하고, 변환효율 및 수집효율이 우수하여 환자에 대한 방사선 피폭을 감소시키며, 대화면 소자의 제작이 용이하다는 장점이 있다. 그러나, 현재까지 상용화 된 광도전체인 비정질 셀레늄(a-Se)의 경우, 높은 인가전압과 낮은 sensitivity, 그리고 빠른 프레임의 이미지에서 전하가 trap되는 현상이 생기는 단점이 있다. HgI<sub>2</sub>, PbI<sub>2</sub>, CdZnTe 등 지금까지 보고된 광도전체들은 대화면 제작이 어렵고, 소자의 전기적 동작특성 및 신뢰성의 한계를 가진다<sup>1,2)</sup>. 또한 기존의 벌크 광도전체의 해상력 및 질량 밀도 증가에 의한 방사선 검출 효율 향상을 위해 미세 광도전체 입자의 적용 필요성이 커지고 있다. PbO의 경우, 높은 원자번호 및 k-edge(~88keV)로 인한 우수한 Radiation stopping power 그리고 높은 밴드갭(~2.3eV)와 비저항(~1011W-cm)을 가지며, 낮은 누설전류에 의해 전기적 동작특성이 안정적이며, 타 광도전물질에 비해 안정성이 우수하여, 디지털 x-ray detector 적용에 적합한 광도전체 물질이라고 사료된다. 본 논문에서는 PbO의 온도에 따른 소결효과를 연구하여 고효율의 엑스선 센서와 접목시키고자 한다.

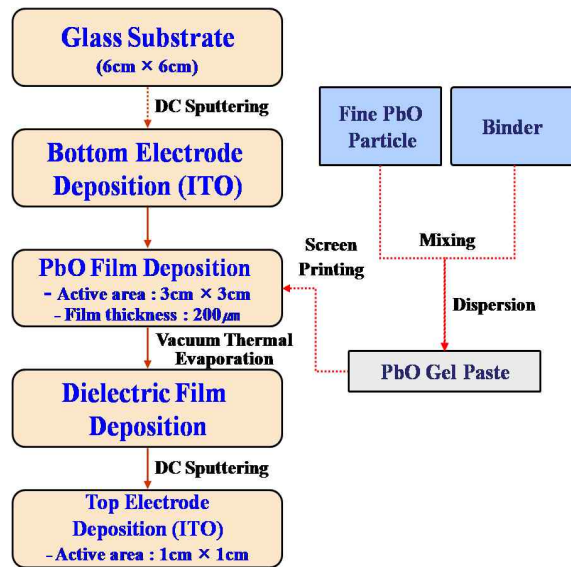
### II. 실험 방법

나노 사이즈 PbO 입자 합성은 액상법에 의해 합성하였다. lead acetate hydrate ((CH<sub>3</sub>CO<sub>2</sub>)<sub>3</sub>Pb)의 특성이 부여된 양을 메탄올 용액 안에서 용해시키고 70°C로 건조했다. PbO 미세 입자는 culture furnace 안에서 소결된 후에 제조된다. PbO 샘플을 제작하기 위해 100°C의 열 오븐을 사용하여 60분 동안 annealing 과정을 거쳤다. (5°C/min의 속도로 컨트롤된 온도). 모든 과정은 공기 중에서 이루어졌고, 100°C~500°C의 온도까지 annealing 온도를 변화 시키가며 분석하였다.



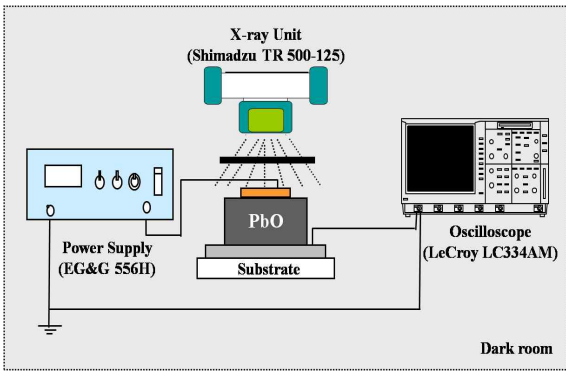
[그림 1] 나노 입자로 합성된 PbO의 제조 개요

합성된 나노 입자 PbO를 이용하여, PIB(Particle In Binder) 방법으로 물질 입자에 binder를 섞고 보호막을 사용하여 3X3cm PbO film을 제작했다. ITO(Indium Tin Oxide)는 유리 substrate에 뿌려진 하부 전극으로 사용하고, PVD 방법으로 같은 크기의 유전체 층을 만들고, PbO 샘플의 상부에 1X1cm로 ITO 상부전극을 형성하였다.



[그림 2] PbO Film 제작

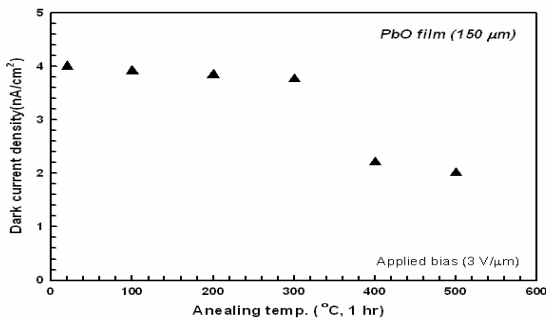
제작된 샘플의 전기적 특성을 관측하기 위해 그림 3과 같은 실험 장치를 구성하였다. detector 안에서 전압이 인가되는 동안 x-ray 인가 없이 흐른 누설전류와 유도된 x-ray 전하 신호를 측정하였다. 실험 장비로는 전압인가를 위한 고전압 발생기 (EG & G 558H, USA), 그리고 electrometer (Keithley 6517A, USA)로 구성됐다. x-ray 장치는 a Shimadzu TR-500-125, 그리고 방사선 선량은 측정하는 동안 ion chamber 2060 (Radical Cooperation, USA)을 사용하여 관측하였다. 전류 integrator는 유도된 x-ray 출력 전하 integrating에 의해 선택된 전하를 측정한다. 물질의 X-ray 반응 특성을 관측하기 위해 dark current, sensitivity, SNR, signal decay을 분석하였다.



[그림 3] 전기적 특성을 확인하기 위한 실험 장치

### III. 결과

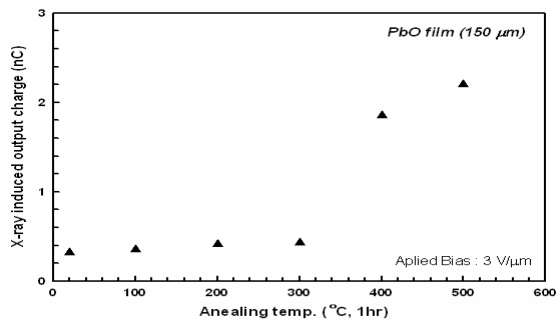
합성된 PbO 입자의 전기적 특성 평가를 위해 앞에서 언급한 방법으로 필름을 제작하여 전기적 특성을 분석하였다.



[그림 4] 제작된 PbO 필름의 소결온도에 따른 누설전류

[그림 4]에서는 제작된 PbO 필름의 소결 온도에 따라 누설전류를 보여준다. [그림 4]에서 보여지는 것처럼 dark current는 300°C이하에서 annealing 후에 약 4nA/cm<sup>2</sup>, 400°C 이상에서 소결하였을 때는 급격히 감소하는 것을 볼 수 있다.

일반적으로 PVD방법과 PIB 법으로 제작된 필름의 경우 PIB로 제작된 필름이 더욱 낮은 누설전류를 지닌 것으로 보고 되고 있으며, 이는 필름상의 binder와 같은 polymer로 인해 저항 성분이 높아져 누설전류가 낮아지는 것으로 보고되고 있다. 그러나, 본 결과에서는 미세한 입자로 제작된 경우 입자간의 binder의 비율이 큰 입자에 비해 낮은 비율을 차지하여 누설 전류가 더욱 높게 나타나야 하나 본 실험 결과에서는 이와는 다른 특성을 나타내었다. 이는 제작된 필름의 누설전류의 경우 필름상의 binder 비율의 영향 보다는 제작된 필름의 표면의 균일성에 의한 것으로 기인된다.



[그림 5] 소결온도에 따른 x-ray 출력전하의 결과

[그림 5]에서는 소결온도에 따른 x-ray 출력 전하의 결과를 보여준다. x-ray에 의해 인가된 출력 전하(sensitivity)는 소결온도가 300°C 이하에서는 약 0.2nC~0.4nC로 나타난다. 하지만 400°C와 500°C에서는 1.8nC~2.2nC까지 나온다. 그것은 thermal annealing에 의해 물질의 무게 밀도에 따른 전하 수집율이 증가했기 때문이다. 게다가 출력 전하의 증가가 binder 물질에 의해 charge trap과 재결합의 영향으로 추측된다. 이 실험의 결과로 PbO의 annealing 과정은 x-ray detector를 발전 시키는 데 좋은 성과를 주었다.

본 연구에서 소결 상태에 따라 필름의 전기적 특성이 큰 영향을 받는다는 것을 발견하였다. 공기 중에서 소결

된 필름의 x-ray 출력 전하는 소결온도가 500℃ 이상에서 가장 많이 증가하였다.

#### IV. 고찰 및 결론

PIB기법을 이용하여 제조된 PbO 필름은 수백 마이크로 이상의 두께에서 높은 질량 밀도와 우수한 두께 균일도를 가지며 약 500도에서 열처리를 통해 소자의 물리적, 전기적 특성 및 SNR 향상됨을 바탕으로 향후, X-ray 검출기 적용을 위한 제조방법에 적합함을 알 수 있었다.

#### V. 감사의 글

본 연구는 지식경제부와 한국산업기술재단의 전략기술인력양성사업으로 수행된 연구결과임

#### 참 고 문 헌

- [1] Detlef U. WiechertT, Stefan P. Grabowski, Matthias Simon, Philips Research Laboratories Aachen, Weissshausstrabe 2, 52066 Aachen, Germany, Received 8 June 2004; accepted in revised form 9 February 2005, Available online 21 April 2005
- [2] M. Simon, R.A. Ford, A.R. Franklin, S.P. Grabowski, B. Menser, G., Much, A. Nascetti, M. Overdick, M.J. Powell, D.U. Wiechert, in:Proceedings SPIE Medical Imaging, vol. 5368, pp. 188(2004).
- [3] Detlef U. WiechertT, Stefan P. Grabowski, Matthias Simon, Philips Research Laboratories Aachen, Weissshausstrabe 2, 52066 Aachen, Germany, Received 8 June 2004; accepted in revised form 9 February 2005, Available online 21 April 2005
- [4] M. Simon, R.A. Ford, A.R. Franklin, S.P. Grabowski, B. Menser, G., Much, A. Nascetti, M. Overdick, M.J. Powell, D.U. Wiechert, in:Proceedings SPIE Medical Imaging, vol. 5368, pp. 188(2004).
- [5] N. Jung, P.L. Alving, F. Busse, N. Conrads, H.M. Meulenbrugge, W. Rutten, U. Schiebel, M. Weibrecht, H. Weczorek, Proceedings SPIE Medical Imaging, vol. 3336, pp. 396(1998)
- [6] S.O. Kasap, J.A. Rowlands, "Direct-Conversion Flat-Panel X-ray Image Sensors for Digital

Radiography", Proc. IEEE 90(4), pp. 591-604(2003)

- [7] G.Zentai et al., "Mercuric Iodide and Lead Iodide X-ray detectors for Radiographic and Fluoroscopic Medical Imaging", Proc. SPIE Medical imaging 5030, pp. 77-91(2003)
- [8] R.A.Street et al., "Comparative study of PbI2 and HgI2 for direct detection active matrix X-ray inage sensors", J.appl. Phys. 91(5), pp.3345-55(2002)