

# 디지털 방사선 적용을 위한 Hybrid 방사선 검출기의 Feasibility 연구

최장용, 박지군, 이체훈, 이규홍, 최흥국, 남상희\*  
인제대학교 의용공학과\*, 인제대학교 의료영상연구소\*

## Feasibility study of Hybrid X-ray detector for Digital X-ray imaging application

Jang-Yong Choi, Ji-Koon Park, Chae-Hun Lee, Kyu-Hong Lee, Heung-Kook Choi, and Sang-Hee Nam\*\*  
Department of Biomedical Engineering, College of Biomedical Science and Engineering, Inje University\*\*,  
Medical Imaging Research center of Inje University\*

### Abstract

In this study, the purpose is to verified the feasibility to develop Hybrid x-ray detector in order to resolve problems of direct and indirect x-ray detectors. The properties of X-ray detector depend on absorption of X-ray, charge generation by x-ray photon, leakage current. In this study, CdS was used as photoconductor, and  $Y_2O_3S:Tb$  as x-ray phosphor was formed on CdS in order to embody Hybrid structure. And Screen printing was used to form Multi-layer. Characteristics of this specimen were analyzed by using SEM, and XRD. And Photoluminescence spectrum of  $Y_2O_3S:Tb$ , leakage current, with respect to applied voltages, output charge with respect to applied voltages, and X-ray sensitivity were measured. Also, linearity with respect to dose was measured. Leakage current was similar with direct digital x-ray detector, but sensitivity of the hybrid structure is much better than the single-layer structure.

**Key Words** :  $Y_2O_3S:Tb$ , screen printing, Hybrid structure, XRD

### 1. 서론

최근 컴퓨터 기술의 발전으로 많은 의료 장비들이 디지털화되고 있는 추세이다. 이의 일환으로 X-ray 장비도 필름 방식에서 디지털 평판 방사선 영상 검출 방식으로의 많은 연구가 진행되고 있다. 이 디지털 평판 방사선 영상 검출 방식에는 직접 변환방식과 간접방식이 있는데, 직접변환방식은 x-선 변환층으로 a-Se, Cd(Zn)Te CdS, HgI<sub>2</sub> 등의 광도전층을 이용하여 신호를 획득하고, 간접변환방식은 형광층과 a-Si 포토다이오드를 결합시켜 X-선을 빛으로 전환한 후, 다시 전기적 신호로 획득하는 방식이다. 그러나 직접방식에서의 광도전체는

x-선에 대한 낮은 sensitivity와 낮은 검출 효율의 단점이 있고, 간접방식에서는 형광체의 blurring과 a-Si의 공정의 어려움, 낮은 fill factor의 단점을 가지고 있다.

따라서 본 연구에서는 직·간접 방식의 단점을 보완하고, 두 시스템의 장점을 최대화하기 위해서 광도전체인 CdS와 형광체인  $Y_2O_3S:Tb$ 의 Hybrid 형태의 구조체를 제작해 CdS와  $Y_2O_3S:Tb$ 에서 동시에 신호를 얻음으로서 그 특성을 보고자 한다.

CdS는 고감도의 II-VI족 화합물 광전도 반도체로서 2.5~3.5eV(490~511nm)의 녹색 광선을 흡수하는 특성을 가지는 광도전체이다.[1] CdS는 반도체에서 장파장과 가시광에 대한 광전도형 검출기

가 실용화 되어 사용되고 있으나[2] 응답속도가 느리고, a-Se에 비하여 상대적으로 높은 누설 전류를 가진다는 단점이 있지만, a-Se에 비하여 낮은 인가전압으로 사용 가능하며, x-ray sensitivity가 a-Se에 비해 우수하고, 높은 흡수계수 때문에 디지털 방사선 검출기로서 충분한 가능성이 있다[3,4].

한편,  $Y_2O_3:S:Tb$ 는 희토류 계열의 형광체로서 원자번호가 커서 흡수율이 높고, 고유변환효율이 높다. 그리고 낮은 coating weight의  $Y_2O_3:S:Tb$ 는 비교적 낮은 x-ray tube voltage (~70kVp)에서 다른 형광체  $Gd_2O_3:S:Tb$ ,  $CsI:Na$  보다 효율이 더 좋은 것으로 알려져 있다.[5]

## 2. 실험

### 2.1 시편 제작

본 연구에서 사용된 시편은 ITO glass 위에 CdS(순도99.5%, Cerac, France)와 45cps binder를 섞은 후 스크린 프린팅법을 이용해 15 $\mu$ m를 형성한 후, 450 $^{\circ}$ C에서 1시간 소성하였다. 그 후 CdS에 상부전극으로서는 형광체에서 발생된 빛이 CdS 층으로 잘 전달되기 위해 투명한 ITO 전극을 자체 주문 제작한 sputtering 장비를 이용하여 증착하였다. 시편의 보호를 위해 PDS2060(SCS, USA)를 이용해 보호막을 형성하였다. 여기에 다시 스크린 프린팅법으로 자체 제작한  $Y_2O_3:S:Tb$ 를 약120 $\mu$ m 형성하였다. 제작된 제작된 시편의 구조는 그림 1의 실험 구성도에서 볼 수 있다. 제작된 film의 물리적 특성을 측정하기 위해서 SEM(JEOL, JSM-820)을 이용하였으며, 제작된 시편의 결정성 여부 및 화학 결합상태, 격자상수 등 재료의 결정 구조를 분석하기 위하여 XRD(Rigaku RAD-3C)를 이용했고, 광학적 특성을 분석하기 위하여 PL Spectrometer (FS900CDT, Edinburgh Analytical In.)를 이용하여 emission spectrum을 측정하였다.

### 2.2 X-ray 민감도 측정

누설 전류(Leakage current) 측정은 고전압발생기(EG&G 558H, USA)을 이용하여 암실에서 고전압 인가 후, Electrometer(Keithley 6517A, USA)를 이용하여 전류를 측정하였다.

또한 본 실험에서는 인가전압에 따른 신호 변화량을 측정하였고, AI 필터를 이용해 조사선량에 따

른 신호량을 측정하였다. 신호획득을 위한 조사조건은 70kVp에 100mA와 30msec로 고정하였다.

단일층의 CdS 시편과  $Y_2O_3:S:Tb/CdS$  Hybrid 구조의 x-ray sensitivity와 조사선량에 따른 신호량을 비교, 분석하였다.

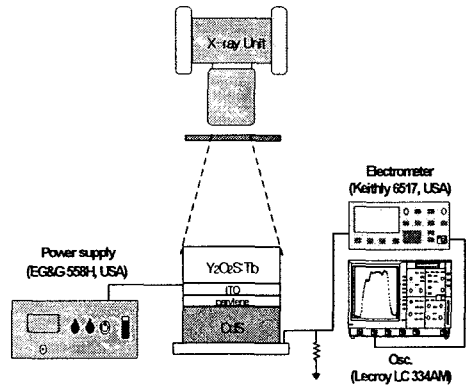


그림 1 X-ray sensitivity 측정을 위한 실험 구성도

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 물리적 특성

Fig. 2와 Fig. 3은 CdS 450도 소성 후,  $Y_2O_3:S:Tb$ 의 SEM 사진과 보여주고 있다. CdS의 SEM 결과를 보면, 소성 후 grain size가 0.25 $\mu$ m정도로 줄어드는 것을 알 수 있다. 그리고 SP(screen printing)을 제작된 CdS film은 증착 제조된 film보다 grain size가 작은 것을 확인할 수 있다.[6]

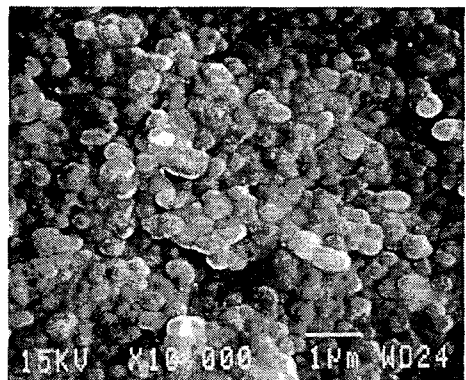


그림 2 CdS 450도 소성후 SEM

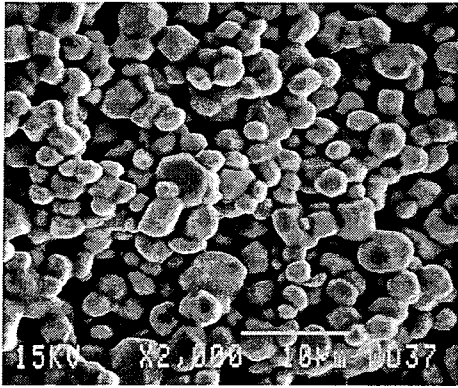


그림 3 Y<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Tb의 SEM

Fig.4과 Fig. 5에서 보여주는 Y<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Tb와 CdS의 X-ray 회절 패턴(diffraction pattern)을 보여준다. 일반적으로 CdS는 hexagonal과 cubic 의 두개의 결정 구조를 가진다. 26.5°에서 큰 회절 피크는 일반적인 CdS의 결정 구조인 (002)면의 hexagonal, (111)면의 cubic 구조를 보여준다.[6]

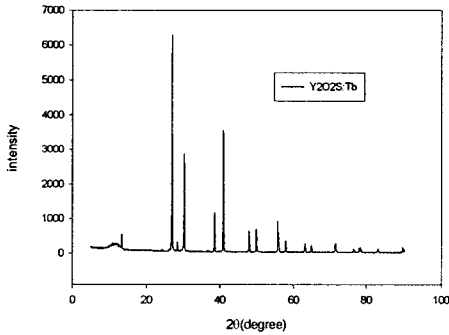


그림 4 Y<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Tb의 X-ray 회절 패턴

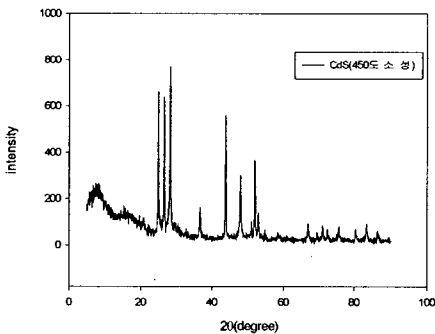


그림 5 CdS 450도 소성 후 X-ray 회절 패턴

### 3.2 전기적 특성

CdS와 Y<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Tb/CdS의 인가전압에 따른 신호 변화량은 아래 Fig. 6와 같이 측정되었다. 그래프와 같이 CdS의 단일층보다 Y<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Tb/CdS의 Hybrid층이 신호량이 많은 것을 알 수 있다.

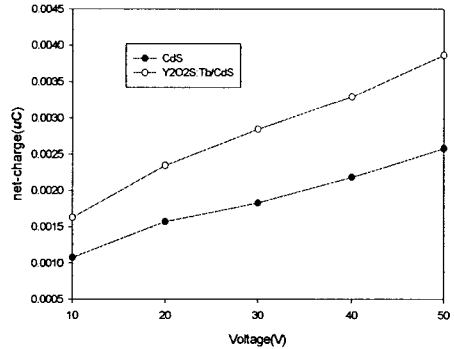


그림 6 CdS와 Y<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Tb/CdS의 인가전압에 따른 신호량

아래 Fig. 7은 CdS와 Y<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Tb/CdS의 조사선량에 따른 신호 변화량을 보여주고 있다. 조사선량에 따른 신호변화량에서도 Hybrid층의 신호량이 CdS 단일층보다 약 1.5배의 신호량의 증가가 있었다.

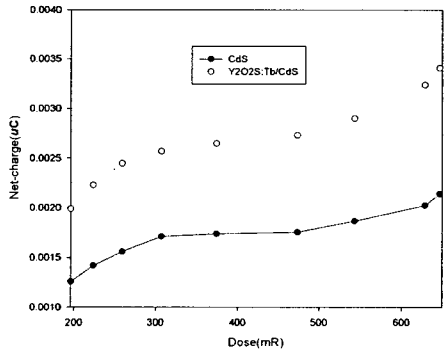


그림 7 CdS와 Y<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Tb/CdS의 조사선량에 따른 신호 변화량

Fig. 8은 인가전압에 따른 CdS의 leakage current를 보여주고 있다. 광도전체인 CdS의 누설 전류는 일반적으로 다른 광도전체인 HgI<sub>2</sub>, a-Se에 비해 누설전류가 큰 단점을 가지고 있다. 그림에서 8V/µm 이상부터 dark current가 급격히 증가하는 것을 볼 수 있다. 하지만 CdS는 다른 광도전체에

비해 인가전압이 낮더라도 신호량이 충분히 크기 때문에 낮은 인가전압으로도 사용이 가능하다.

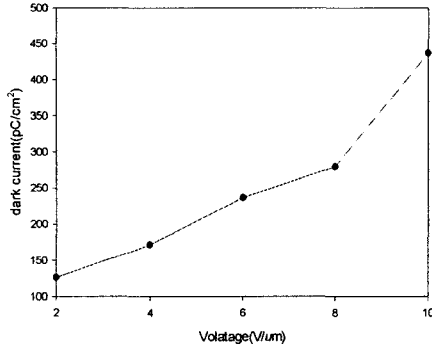


그림 8. CdS의 인가전압에 따른 dark current

아래의 Fig. 9의  $Y_2O_3:S:Tb$ 의 Emission spectrum을 보면 다른 형광체에 비해 많은 파장에서 에너지를 방출하는 것을 볼 수 있다. CdS의 흡수 파장인 약 500nm와 같은 파장에서 에너지를 방출하기 때문에 Hybrid 구조에서  $Y_2O_3:S:Tb$ 에서의 에너지가 CdS로 잘 전달될 수 있다.

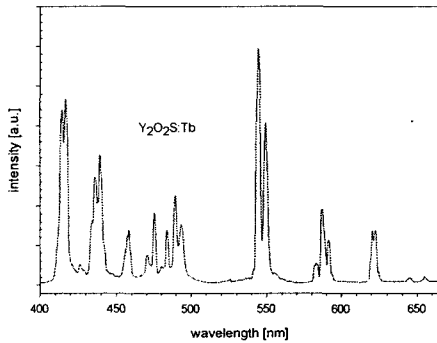


그림 9  $Y_2O_3:S:Tb$ 의 Emission spectrum

#### 4. 결론

본 연구에서는 광도전체인 CdS와  $Y_2O_3:S:Tb$ 의 Hybrid 구조를 스크린 프린팅 방법을 이용하여 설계하고 CdS 단일층과 비교하여 인가전압에 대한 신호량, 조사선량에 따른 신호량, CdS의 leakage current, x-ray 회절 패턴을 분석하였다.

CdS의 누설전류가 큰 단점이 있지만, CdS의 흡

수 파장과  $Y_2O_3:S:Tb$ 의 방출 파장이 일치하는 부분이 있기 때문에 Hybrid 구조에서 이상적인 결합으로 볼 수 있다. 그리고 인가전압에 따른 신호량과 조사선량에 따른 신호량을 볼 때 CdS의 단일 구조보다  $Y_2O_3:S:Tb/CdS$ 의 Hybrid 구조가 신호량이 약 1.5배정도 큰 것으로 볼 때, X-ray detector로서  $Y_2O_3:S:Tb/CdS$ 의 Hybrid 구조의 사용이 기존 단일 구조 직접 방식의 X-ray detector 사용보다 더 효율적임을 알 수 있다.

CdS의 recombination time이 긴 단점을 극복하고, 형광체와 CdS의 두께를 최적화하고, 표면의 Uniformity 특성을 개선한다면, 비교적 가격이 저렴하고, 쉬운 제조 방법인 SP(Screen Printing)을 이용해서 Hybrid X-ray digital detector의 개발이 가능하다고 사료된다.

#### 감사의 글

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

#### 참고 문헌

- [1] R.H. Bube, Photoconductivity of Solids, Wiley, New York, pp. 158-171, 1960
- [2] Hamamatsu Photonics K. K, CdS photoconductive Cells, Hamamatsu, pp. 2-6, 1985.
- [3] M. Schieber, H. Hermon, A. Zuck, A. Vilensky & L. Melekhov, "Thick films of X-ray polycrystalline mercuric iodide detectors", Journal of Crystal Growth, 2001.
- [4] El Akkad, F. and Abdel Naby, M., Solar Energy Materials, 1989, 18, 151
- [5] D CAVOURAS, "An experimental method to determine the effective luminescence efficiency of scintillator-photodetector combinations used in X-ray medical imaging systems", The British Journal of Radiology, 71, 766, 1998
- [6] S A Al Kuhaimi, "Influence of preparation technique on the structural, optical and electrical properties of polycrystalline CdS films", Vacuum, Vol.51, No.3, p349, 1998