

# 진단 X선 검출기 적용을 위한 CdS 센서 제작 및 성능 평가

박지균, 이미현, 최영준, 정봉재, 최일홍, 강상식

한국국제대학교 방사선학과, 한국국제대학교 소방방재학과\*

## The fabrication and evaluation of CdS sensor for diagnostic x-ray detector application

Jikoon Park, Mihyun Lee, Youngzoon Choi, Bongzae Jung, Ilhong Choi, Sangsik Kang

*Department of Radiological Science of Korea International Univ. Department of Disaster Prevention Engineering of Korea International Univ.\**

### 요약

최근 진단 X선 검출기 적용을 위한 방사선 검출물질로 반도체 화합물에 대한 많은 연구가 되고 있다. 본 연구에서는 반도체 화합물 중 광민감도가 우수하고 X선 흡수율이 높은 CdS 반도체를 이용하여 검출센서를 제작하였으며, 진단 X선 발생장치에서의 에너지 영역에 대한 검출특성을 조사함으로써 적용 가능성을 평가하였다. 센서 제작은 CdS 센서로부터의 신호 획득 및 정량화를 위한 Line voltage selector(LCV)를 제작하였으며, 전압감지회로 및 정류회로를 설계 제작하였다. 또한 X선 노출조건에 따른 상호연관 알고리즘을 이용하였으며, DAC 컨트롤러와의 Interface board를 설계 제작하였다. 성능평가는 X선 발생장치의 조사조건인 관전압, 관전류 및 조사시간별 저항변화에 따른 전압과형 특성을 오실로스코프로 획득하여 ANOVA 프로그램을 이용하여 데이터를 통계 처리 및 분석하였다. 측정결과, 관전압과 관전류가 증가할수록 오차의 비가 감소하였으며, 90 kVp에서 6%, 320 mA에서 0.4% 이하의 좋은 특성을 보였으며, 결정계수는 약 0.98로 1:1의 상관관계를 보였다. X선 조사시간에 따른 오차율은 CdS 물질의 낮은 반응속도에 기인하여 조사시간이 길어질수록 지속적으로 감소하는 것을 알 수 있었으며, 320 msec에서 2.3%의 오차율을 보였다. 끝으로 X선 선량에 따른 오차율은 약 10% 이하였으며, 0.9898의 결정계수로 매우 높은 상관관계를 보였다.

KeyWord : 광민감도, CdS 반도체, LCV

### Abstract

Recently, various semiconductor compounds as radiation detection material have been researched for a diagnostic x-ray detector application. In this paper, we have fabricated the CdS detector sensor that has good photosensitivity and high x-ray absorption efficiency among other semiconductor compounds, and evaluated the application feasibility by investigating the detection properties about energy range of diagnostic x-ray generator. We have fabricated the line voltage selector(LCV) for a signal acquisition and quantities of CdS sensor, and designed the voltage detection circuit and rectifying circuit. Also, we have used a relative relation algorithm according to x-ray exposure condition, and fabricated the interface board with DAC controller. Performance evaluation was investigated by data processing using ANOVA program from voltage profile

characteristics according to resistive change obtained by a tube voltage, tube current, and exposure time that is a exposure condition of x-ray generator. From experimental results, an error rates were reduced according to increasing of a tube voltage and tube current, and a good properties of 6%(at 90 kVp) and 0.4%(at 320 mA) ere showed. and coefficient of determination was 0.98 with relative relation of 1:1. The error rate according to x-ray exposure time showed exponential reduction because of delayed response velocity of CdS material, and the error rate has 2.3% at 320 msec. Finally, the error rate according to x-ray dose is below 10%, and a high relative relation was showed with coefficient of determination of 0.9898

## I. 서론

진단 X선을 검출하는 센서는 지금까지 주로 기체가스를 주로 이용되어 왔으나, 반도체를 이용한 검출방식이 최근 많이 연구되고 있다.<sup>[1-4]</sup> 이러한 센서는 입사 방사선에 의해 전자-정공쌍이 생성되고, 이러한 전하는 반도체층 내부에 형성되는 전기장에 의해 분리되며 전극에 모여 전기적인 신호로 바뀌어지면 이 신호를 증폭하여 입사 방사선에 관한 정보를 획득하는 원리이다. 이러한 반도체 물질 중 CdS는 낮은 전기전도도에 의해 방사선에 비례하여 높은 저항변화특성을 가지며, 다른 반도체 검출기에 비해 반도체 소자의 경량화가 가능하고, 제작을 위한 비용을 절감시킬 수는 장점이 있다.<sup>[5]</sup> 따라서 본 논문에서는 상용화된 CdS 광소자를 이용하여 진단용 X선 발생장치의 관전압, 관전류 및 조사시간에 따른 반응특성을 측정함으로써 비접촉식 방사선 검출기 적용 가능성을 조사하고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

본 연구에서 이용된 CdS 광소자는 상용화된 CdS 센서를 이용하였다. 그림 1에서와 같이 Hardware를 제작하여 A/D Converter의 동작을 검증하여 0V~10V 사이의 Unipolar Mode로 동작하도록 하였으며, 데이터를 획득, 신호 처리하여 데이터를 획득하였다. 구현된 Hardware를 충격 등으로부터 보호하고, X-ray 장비의 고전압에 의한 노이즈를 차단하기 위해 알루미늄 재질의 금속 케이스를 제작하여 Hardware를 포장하였으며 Power Supply를 케이스 내에 함께 내장 AC 110V~AC220V의 상용전원을 사용하여 Hardware를 구성하였다.



Fig 1. 제작된 CdS 방사선 센서

제작된 CdS 셀을 이용하여 관전압, 관전류량, 조사시간 및 선량변화 조건의 변화에 따라 CdS의 반응 정도를 조사하였다. 측정에 이용된 장비는 전압을 인가하기 위해 전압발생기(EG & G558H, USA)와 진단용 X선 발생장치인 도시바(社)의 DRX 353570 장비를 사용하여 진단영역의 활용조건별 발생된 전압파형을 오실로스코프(LeCroy LC334AM, USA)를 이용하여 획득하였다.

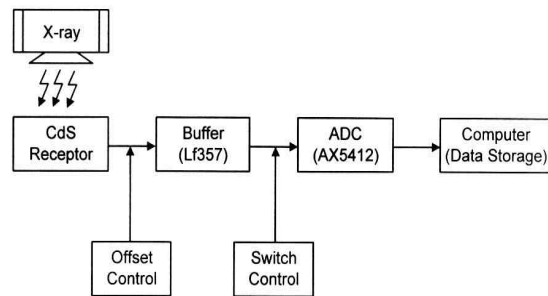


Fig 2. CdS 센서의 X선 측정실험 개략도

그림 2와 같이 구성된 시스템에서 관전류를 100mA, 조사시간을 0.2sec로 고정한 다음 관전압을 40kVp에서 100kVp까지 증가시켜 CdS의 출력전압을 각 조건별로 10회씩 획득하였으며, 관전류량에 대한 실험의 경우 관전류를 100mA로 고정하고 조사시간을 변화시켜 각각의 조건에 대해서 10회의 CdS 출력전압을 획득하였다. 또한 추가로 구할 수 있는 몇 가지 변수를 사용하여 이들과 관전압, 관전류, 조사시간, 조사 선량과의 관계를 통계학적인 방법으로 수립하여 수식에 의해 계산하였다. 적용된 알고리즘은 계산 처리과정의 간소화와 저속의 프로세서로도 가능하게 하기 위해 Look-up table을 방식을 채택하였다. 이러한 Look-up table을 방식을 사용한 알고리즘 과정은 먼저 실험에 의한 데이터(관전압, 관전류, 조사시간, 조사선량)를 어셈블언어로 프로그래밍하여 시스템 구동 프로그램의 고정 영역에 넣은 다음 A/D conversion 된 데이터로부터 최소 Peak Voltage 값과 반응시간을 산출하였다. 다음으로 반응 시간과 조사시간을 비교 검색하여 같은 조사시간때의 데이터값들을 먼저 검색하고 최소 Peak Voltage와 관전압과의 관계로서 가장 근사값의 table 데이터를 찾아가는 방식으로 프로그래밍하였다.

### III. 결과

그림 3.은 관전압의 변화에 따른 CdS 셀의 전압변화 파형을 나타낸 것이다. 10V의 초기전압에서 50 kVp의 조건에서 약 4.3 V로 전압강하가 나타났으며, 관전압의 증가에 따라 전압변화의 크기도 증가하였으며, 80 kVp에서 8.2 V의 전압강하를 보여 관전압의 변화에 따라 안정성과 선형성이 나타남을 확인할 수 있었다. 그림 4.는 관전압의 변환에 따른 CdS 센서의 검출 오차비율을 나타내었다. 오차의 비율은 최대 11.31%까지 나타나고, 관전압이 증가함에 따라서 오차의 비가 줄어드는 것을 관찰할 수 있었으며, 90 kVp의 관전압에서 약 6%의 낮은 오차율을 보였다. 또한, 결정계수는 0.984로  $y=x$ 라는 1:1의 우수한 상관관계를 가지는 것을 알 수 있다.

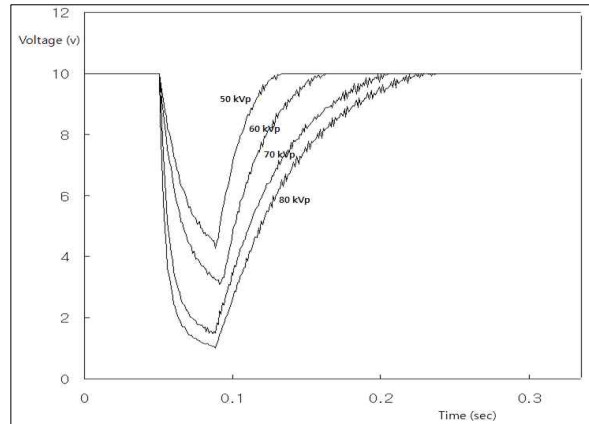


Fig 3. 관전압에 따른 CdS 셀의 전압파형

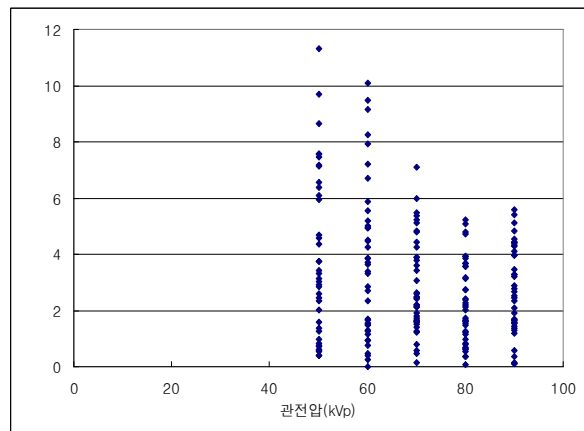


Fig 4. 관전압에 따른 CdS 셀의 오차비율

그림 5.는 관전류에 따른 CdS 센서의 응답 전압파형을 보여준 것이다. 그림에서와 같이, 40 mA에서 약 2V의 전압강하를 보였고, 200 mA에서 약 8.5 V의 전압강하를 보였다.

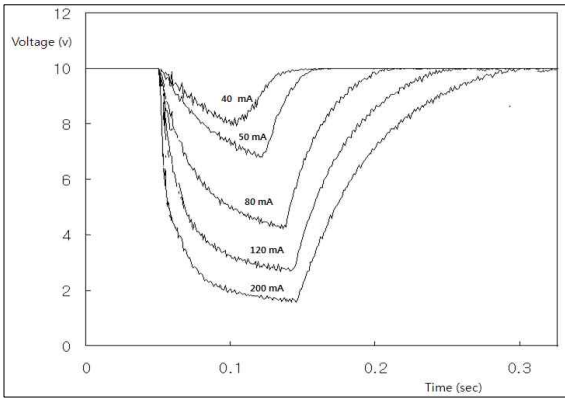


Fig 5. 관전류에 따른 CdS 셀의 전압과형

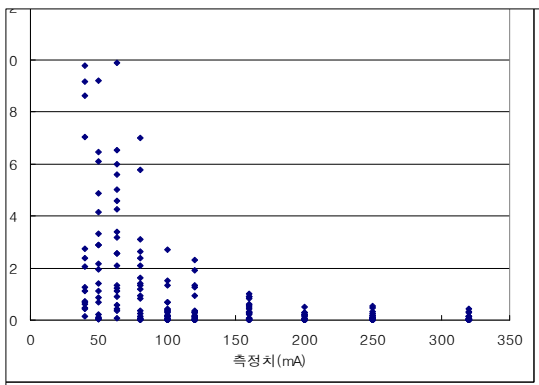


Fig 6. 관전류에 따른 CdS 셀의 오차비율

또한, CdS의 관전류 변화에 따른 검출오차의 특성은 그림 6에서 보는바와 같이, 오차의 비율은 최대 9.85%까지 나타나지만, 관전류가 증가함에 따라서 오차의 비가 줄어드는 것을 관찰할 수 있다. 또한, 결정계수는 0.978로  $y=x$ 라는 1:1 상관관계를 가지는 것을 알 수 있었다.

그림 7은 조사시간의 변화에 따른 CdS 전압 출력값 변화를 나타낸 것이다. 그래프에서 보는바와 같이 조사시간이 길어짐에 따라 하강시간(falling time) 다소 길어짐을 알 수 있었다. 또한, 그림 8.에서와 같이 조사시간이 길어짐에 따른 오차율은 지수적으로 감소하는 경향을 보였으며, 100 msec 이상의 조사시간에서의 오차율이 4% 이하로 좋은 특성을 보임을 확인할 수 있었다. 이러한 결과들로부터 CdS 셀은 진단 X선의 관전압, 관전류의 변화에 따라 좋은 선형성을 가짐을 알 수 있었고, Si, Ge 등의 단결정 반도체 소자에 비해 긴

응답특성을 가짐을 알 수 있었다.

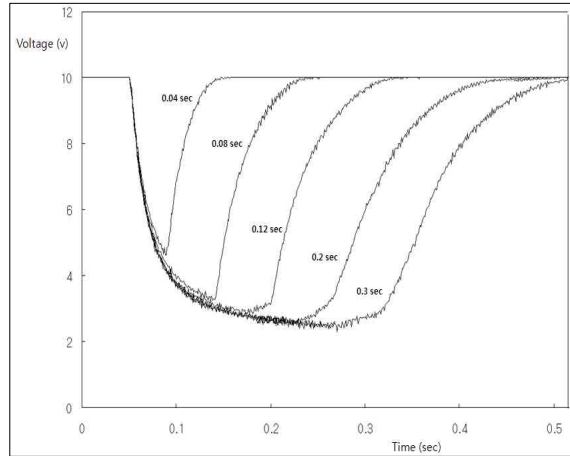


Fig 7. 조사시간에 따른 CdS 셀의 전압과형

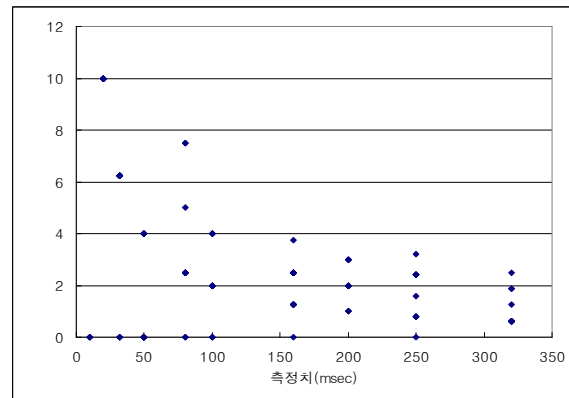


Fig 8. 조사시간에 따른 CdS 셀의 오차비율

끝으로 그림 9.는 X선 선량에 따른 제작된 CdS 센서의 응답특성 결과를 나타냈었다. 그래프에서와 같이 추론한 알고리즘으로부터 계산된 선량값과 adcal Corporation 社의 Radiation Monitor Controller(model 2026C)에서 측정된 값과의 1:1 대응 관계를 보임을 알 수 있었다. 결정계수는 0.989789로 매우 높은 상관관계를 가지고 있음을 알 수 있었다. 그림 10.은 선량에 따른 CdS 센서의 오차비를 나타내었다. 오차비는 최대 10.352%라는 다소 수치가 나타나고 있으나, 향후

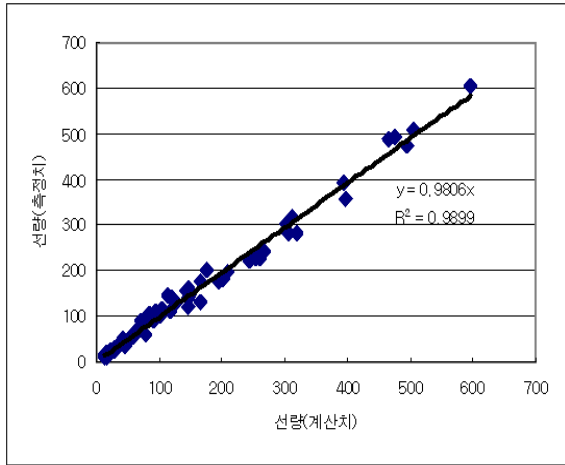


Fig 9. 선량에 따른 CdS 셀의 선량측정치

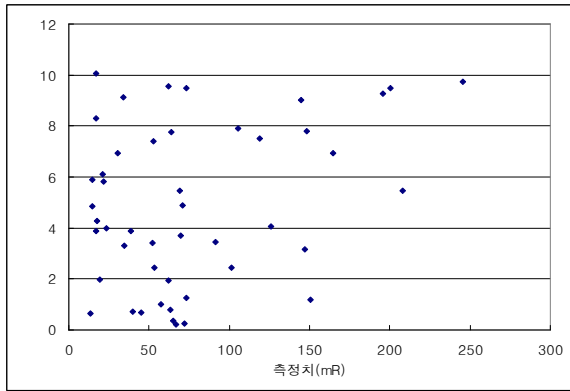


Fig 10. 선량에 따른 CdS 셀의 오차비율

데이터의 양이 많아질수록 좀더 정확한 알고리즘을 구성함으로써 오차를 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

#### IV. 고찰

CdS 소자는 진단영역의 X선 에너지 및 선량에 비해 하여 높은 저항 응답특성을 가짐으로써 비접촉식 방사선 계측기로의 적용이 가능한 반면, 긴 응답특성에 의해 높은 방사선장에서의 방사선 에너지 측정 및 투시영상 검출기 등의 적용에 한계를 가짐을 알 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

- [1] Johns HE, Cunningham JR : The physics of radiology, 4th edit, toronto : Charles C Thomas, 1997
- [2] Metcalfe P, kron T, Hoban P : The physics of radiotherapy X-rays, Madison : Medical Physics, 1997
- [3] Bube RH : Photoconductivity of solids, New York : Wiley, 1960
- [4] Budde W : Physical detectors of optical radiation in optical radiation measurement, vol. 4 : New York : Arcademic, pp.218-224, 1983
- [5] Hamamatsu photonics KK : CdS photoconductive cells. Hamamatsu, pp.2-6, 1985
- [6] Kak AC, Dines KA, Signal processing of broadband pulsed ultrasound : Measurement of attenuation of soft biological tissues, IEEE Trans, Biomed. Eng, pp.25-321, 1978
- [7] Glenn F.Knoll : Radiation detection and measurement, 2 edition, John Willey & Sons, 1992