

진공증착된 $Cd_{1-x}Zn_xTe$ 검출기의 X선 반응 특성 비교

The Comparison of X-ray Response Characteristics of Vacuum Evaporated $Cd_{1-x}Zn_xTe$ Detector

강상식*, 최장용*, 이동길*, 차병열*, 김재형**, 남상희**

(S. S. Kang*, J. Y. Choi*, D. G. Lee*, B. Y. Cha*, J. H. Kim**, S. H. Nam**)

Abstract

There is a renewed interest in the application of photoconductors especially Cd(Zn)Te to x-ray imaging. In this paper, We investigate effects on x-ray detection characteristic of Zn doped CdTe detector. Cd(Zn)Te film was fabricated by vacuum thermal evaporation method and then investigate physical analysis using EPMA and XRD. We investigated the leakage current and X-ray photosensitivity as applied voltage about fabricated Cd(Zn)Te film. Experimental results showed that the increase of Zn doped concentration in $Cd_{1-x}Zn_xTe$ detector reduced a leakage current and improved a signal to noise ratio significantly.

Key Words : $Cd_{1-x}Zn_xTe$, Vacuum Evaporation, Digital Radiography, Flat-Panel X-ray Detector

1. 서론

평판 디지털 영상검출기가 일반촬영 및 투시영상 장치에의 적용을 위해 개발되어져 왔다. 이 시스템은 대면적 pixel array로 구성되어 있으며 2가지의 영상획득 원리로 구분된다. 한 가지 방법은 간접 방식으로 형광체가 입사된 X-ray를 흡수하고 가시광을 방출한다. 이 가시광은 a-Si:H p-i-n 광다이오드에 의해 전기적 신호로 바뀐다. 다른 접근 방법인

직접 방식은 X-ray를 흡수하고 이온화된 전하를 수집하는 광전도층을 사용한다. 직접 방식은 빛으로의 변환 과정이 없기 때문에 간접 방식에 비해 높은

*인제대학교 의용공학과
(경남 김해시 어방동 607)

Fax: 055-325-7931

이러한 a-Se의 단점을 극복하기 위해서 새로운 광도전체에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중에서도 CdTe는 상온에서 동작이 가능하며 높은 X선 흡수도와 낮은 동작전압을 가지는 장점이 있다. 하지만, a-Se에 비해 누설전류가 높은 약점을 지니고 있다. 최근 이러한 CdTe에 Zn을 첨가함으로써 비저항이 크게 증가시킬 수 있는데, 이렇게 비저항이 높은 이유는 CdTe의 밴드갭인 1.5eV 보다 3원 반도체의 큰 밴드갭 때문이며 Zn의 퍼센트에 따라 증가한다는 보고가 있다[2]. 그렇지만 Zn은 Cd에 비해 상대적으로 밀도가 낮기 때문에 X선 저지능이 감소하여 X선 민감도를 낮추게 된다.

그러므로 본 연구의 목적은 기존의 결정성장법에 의해 제작되었던 Cd(Zn)Te 방사선 검출기를 의료영상장치에 적용하기 위해 필요한 대면적화를 구현하기 위해서 진공증착(Vacuum Evaporation) 기술로 Cd_{1-x}Zn_xTe 기반의 X선 센서를 제작하여 제작된 필름의 결정성장 및 조성비를 조사하였으며 X선에 대한 누설전류 및 X선 민감도를 측정 및 비교를 함으로써 X선 영상검출기 개발을 위한 진단영역의 X선에 대해 CdTe에 첨가된 Zn의 최적 조성비를 결정하고자 하였다.

2. 실험

본 실험에 이용된 CdTe 및 Cd_{1-x}Zn_xTe(x=0.15, 0.25, 0.3) 증착원료는 Cerac 社의 99.999% 순도의 pellet을 사용하였다. 시편제작을 위해 이용된 증착기는 자체설계 및 제작된 저항가열식(Resistive Thermal Evaporator) 진공증착기로서 이 장치는 mechanical pump와 diffusion pump로 구성되어 증착시 10⁻⁶ Torr의 진공도를 유지하였으며, 기판의 온도는 상온(room temperature)을 유지하였다.

Cd(Zn)Te 증착에 앞서 ITO(Indium Thin Oxide)가 rf-sputtering법에 의해 증착된 유리기판(corning glass, 2×5 cm²)이 acetone, methanol 순으로 초음파 세척하여 D.I. water로 헹군 후 질소 gun으로 건조시켰다. ITO가 코팅된 기판위에 Cd(Zn)Te pellet을 약 600℃로 가열하여 면적이 2cm×2cm의 Cd(Zn)Te 층을 형성하였으며, 증착된 필름의 두께는 약 20μm였다. 인가전압에 의해 형성된 Cd(Zn)Te층의 미세과피를 통한 누설을 방지하기 위해 유전층 증착시스템(PDS 2060, SCS 社, USA)을 이용하여 Cd(Zn)Te 층 위에 dielectric layer을 수 μm정도의 두께로 형성시켰다. 상부전극으로 Au wire를 진공 열증착법으로 1.5cm×1.5cm 면적으로 증착시켰다.

제작된 Cd_{1-x}Zn_xTe시편의 물성분석으로는 우선 XRD(RAD-3C, Rigaku, Japan)를 사용하여 결정구조를 측정하고 박막의 우선 성장 방향을 측정하였다. 또한 증착된 필름의 조성비를 분석하기 위해 EPMA(EPMA-1400, Shimadzu, Japan)를 이용하여 Cd/Zn/Te 각각의 구성비를 조사하였다.

제작된 시편에 대해서 암전류(dark current) 측정을 위해 전압발생기를 이용하여 제작된 시편의 양단에 10V에서 50V까지 10V의 간격으로 전압을 인가하고 난 후, electrometer(Keithley 6517A, USA)를 이용하여 미세전류를 측정하였다. 그림 1은 이러한 누설전류를 측정하기 위해 실험 개략도를 나타낸 것이다. X선 변환물질의 X선 민감도의 측정은 누설전류의 측정과 비슷한 구조를 가진다. 그림 2는 X선 민감도를 측정하기 위한 실험 개략도를 나타내고 있다. 본 연구에 사용된 X선 발생기는 Shimadzu TR-500-125를 사용하였으며 신호획득을 위한 조사조건은 60 kVp, 150 mA와 0.1 sec의 조사시간으로 고정하였다. 또한 방사선량 검출기는 Ion chamber 2060(Radical Cooperation 社)을 이용하여 조사선량을 측정하였다.

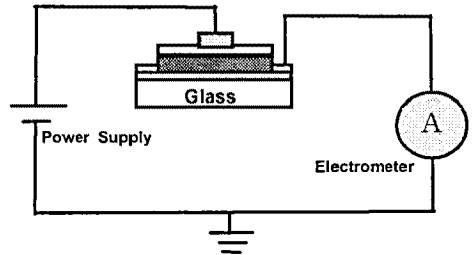


그림 1. 누설전류(Leakage current) 측정을 위한 시스템 구성도

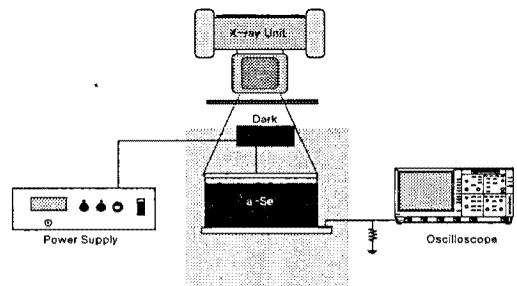


그림 2. X선 민감도 측정을 위한 시스템 구성도

조사 후, 유도전압 파형은 오실로스코프에 의해 획득되었으며 파형으로부터 총 전하량을 계산하기 위해 AcqKnowledge 3.0를 이용하였으며 유도 전압을 적분한 후, 다음의 수식에 의해 X선에 의해 발생된 전하량(Output charge, Q)을 계산하였다. 또한 총 전하량 대 누설전하량의 비로써 신호대잡음비(Signal to Noise Ratio)가 계산되었다.

$$Q = \int I dt = \frac{2}{R} \int V dt$$

$$= \frac{2 \times 10^5 \times \int V dt}{1.5^2} \quad [pC/cm^2]$$

그림 3은 제작된 Cd_{1-x}Zn_xTe 시편의 단면구조를 나타낸 것이다.

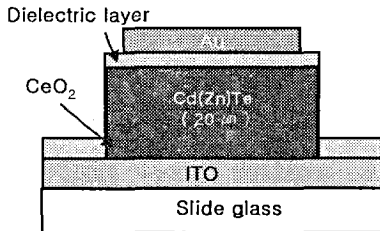


그림 3. 제작된 Cd_{1-x}Zn_xTe 시편의 단면구조

3. 결과 및 고찰

Table 1은 제작된 Cd_{1-x}Zn_xTe 박막에 대해 EPMA에 의해 분석한 조성비를 보여주고 있다.

표 1. Cd_{1-x}Zn_xTe 필름의 화학적 조성비

Composition of Raw Materials	Cd:Zn:Te(atomic %)
CdTe	46.73 : 0.03 : 53.24
Cd _{0.85} Zn _{0.15} Te	36.20 : 9.61 : 54.19
Cd _{0.75} Zn _{0.25} Te	31.53 : 14.40 : 54.07
Cd _{0.70} Zn _{0.30} Te	28.26 : 18.63 : 53.11

화학양론적(stoichiometric) 박막형성은 중요한 제조 조건 중 하나로 Cd/Zn/Te의 비는 전기적 특성에 큰 영향을 준다. 증착된 박막은 Zn 농도비에 관계없이 Cd에 비해 excess Te 및 Zn이 관찰되었는데, 이러한 결과는 기관상의 부착계수(sticking coefficient)와 증기압 차이 때문으로 분석된다.

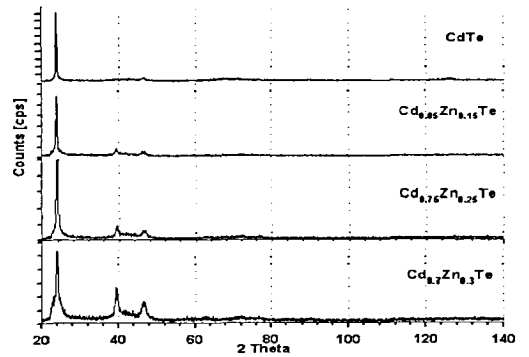


그림 4. X선 회절 패턴

Fig. 4는 Cd_{1-x}Zn_xTe 시편에 대한 X선 회절 패턴을 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이, CdTe에 Zn이 첨가됨에 따라 40도와 46도에서 Peak가 나타남을 알 수 있다.

그림 5는 인가전압에 따른 Cd_{1-x}Zn_xTe 시편의 누설전류를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이, Zn의 첨가량이 클수록 낮은 누설전류가 낮은 값을 얻었다. 이것은 Zn이 CdTe에 첨가됨에 따라 Cd(Zn)Te의 밴드갭이 커지기 때문으로 판단된다.

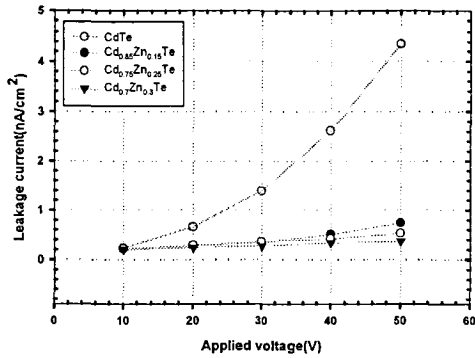


그림 5. 인가전압에 대한 누설전류

그림. 6는 인가전압에 따른 $Cd_{1-x}Zn_xTe$ 시편의 신호대잡음비를 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이, $Cd_{0.7}Zn_{0.3}Te$ 시편이 20V이상의 인가전압에서 다른 시편에 비해 상대적으로 높은 SNR 값이 측정되었으며 인가전압이 50V에서 누설전류가 0.37 nA/cm^2 및 총 전하밀도가 260 pC/cm^2 으로써 신호대잡음비가 4.66로 가장 높았다. 또한 Zn의 첨가비가 낮을수록 낮은 SNR 값을 보였는데, 이것은 X선 감도에 비해 Zn의 첨가비가 낮은 시편에 대해서 누설전류가 상대적으로 높기 때문으로 분석된다.

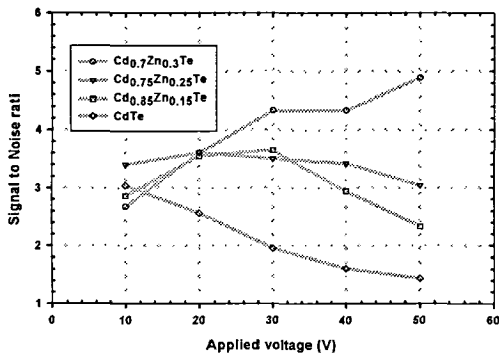


그림. 6 인가전압에 따른 신호대 잡음비

4. 결론

본 연구에서는 차세대 디지털 X선 영상검출기 개발을 위한 광도전층인 $Cd_{1-x}Zn_xTe$ 를 진공증착법에 의해 형성하였다. 제작된 박막의 조성비 분석을 조사하였다. 제작된 시편에 대해 X선 검출특성을 조사

한 결과 Zn의 첨가비가 높을수록 낮은 누설전류에 기인하여 SNR를 증가시킬 수 있었다. 본 연구를 통해 Cd/Zn/Te의 최적조성비와 진공증착기술을 이용한 대면적 Cd(Zn)Te 필름의 제조기술은 차세대 평판형 디지털 X선 영상검출기 개발을 위한 기초자료로 활용될 것이다.

감사의 글

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

Reference

- [1] Experimental evaluation of a novel CdZnTe flat-panel X-ray detector for digital radiography and fluoroscopy, Satoshi Tokuda, Sharp Co.
- [2] State of the art of (Cd,Zn)Te as gamma detector, M. Fiederle, Journal of Crystal Growth
- [3] W. Que, and J. A. Rowlands. "X-ray Imaging using Amorphous Selenium : Inherent Spatial Resolution", Med. Phys., Vol. 22, No. 4, pp. 365-373, 1995
- [4] National Physical Laboratory, New Delhi-110, India "Effect of combinational doping on x-ray sensitivity of a-Se films"