

상부전극 물질에 따른 CdZnTe 박막 특성 비교 연구

The study of characteristics on metallic electrical contacts to CdZnTe based X-ray image detectors

공현기*, 강상식*, 차병열*, 조성호*, 김재형**, 남상희*

(H. G. Gong*, S. S. Kang*, B. Y. Cha*, S. H. Jo*, J. H. Kim**, S. H. Nam*)

Abstract

We investigate the junction between CdZnTe and a variety of metals with the aim of determining whether the choice of metal can improve the performance of X-ray image detectors, in particular minimizing the dark current. The samples consist of 5 μ m thick CdZnTe with top electrodes formed from In, Al, and Au. For each metal, current transients following application of voltages from -10V to 10V are measured for up to 1 hour. We find that dark currents depending on the metal used. The current is controlled by hole injection at the metal-CdZnTe junction and there is consistent trend with the metal's work function possibly and it seems that metal to CdZnTe layer junction is ohmic contact.

Key Words : CdZnTe, photoconductor, dark current, metal contact, ohmic contact

1. 서 론

의학 장비와 컴퓨터 기술의 꾸준한 발전에 의해 film과 기존 X선 영상 검출 장비를 대체하는 디지털 영상 검출 장치의 연구가 있어왔다. 이러한 영상 검출기의 시스템은 직, 간접 방법으로 나뉘어진다. X선의 흡수에 의해 발생하는 전자-정공쌍을 검출하는 방식을 직접변환방식이라 하며 X선을 가시광선으로 전환하고 가시광선을 다시 광다이오드(photo diode)와 같은 광전소자를 사용하여 전기적인 신호로 변환하여 검출하는 방식을 간접변환방식이라 한다. 이러한 간접변환방식은 일차적으로 발생하는 가시광선의 산란이 일어나지만 산란광의

효과적인 제거 방법 자체가 없어서 영상의 잡음으로 작용하여 해상도가 직접변환방식보다 떨어지는 단점이 있다. 직접변환방식 receptor로 쓰이는 광도전물질은 a-Se, TlBr, CdTe, CdZnTe, HgI₂, PbI₂ 등이 있다[1]. 이 중 a-Se은 비저항이 10¹⁵Ω-cm로 다른 광도전 물질에 비해 누설 전류가 낮으며 균일한 대면적 구현을 위해서 X-선 영상에서 비정질 상태를 요구하는데 알맞은 비정질 상태를 유지한다는 이점을 가지고 있다[2]-[3]. 그러나 비정질 셀레늄에서 전자-정공쌍을 생성하는데 필요한 에너지(W)는 10V/ μ m의 전기장이 인가되었을 경우 약 W \pm = 50eV로서 다른 광도전물질에 비해 약 10배 이상 높으며 불순물에 의한 내부 trap center 형성을 방지하여 전하수집효율을 높이기 위해 μ m당 수십 V이상의 고전압을 인가해야 한다.[4-6] 이러한 고전압에 의해 a-Se과 TFT array의 damage가 발생하는 단점을 가지고 있다. 한편 CdZnTe는 X선 변화물질로서 충분한 저지능

* : 인제대학교 의용공학과
(경남 김해시 어방동 607)
Fax : 055-325-7931
E-mail : khg94@drworks1.inje.ac.kr

** : 인제대학교 의료 영상 연구소

을 가지고 있고 화학적으로나 물리적으로 보다 안정적이다. 이에 본 연구에서는 a-Se을 대체할 만한 물질 중 CdZnTe를 이용하여 어떠한 금속의 선택이 CdZnTe 검출기 성능을 향상시킬 수 있는지, 특히 dark current를 최소화할 수 있는지에 관해 3 금속을 금속 대 CeZnTe의 I-V 관계를 조사하였다.

2. 실험

본 실험에 이용된 시편은 Cerac社의 $Cd_{0.75}Zn_{0.25}Te$ 를 사용하였다. 하부전극은 sputtering에 의해 ITO(Indium Tin Oxide)로 유리기판 (coming glass, $2 \times 5cm^2$)위에 형성하였으며 CZT 증착에 앞서 acetone, methanol 순으로 초음파 세척하여 D.I. water로 헹군 후 N_2 gun으로 건조시켰다. 시편 제작을 위해 이용된 증착기는 자체 설계 및 제작된 저항가열식 진공증착기로서 rotary pump와 diffusion pump로 구성되어 증착시 $10^{-7}torr$ 의 진공도를 유지시켰다. CdZnTe층은 temperature controller(NP2000, Hanyoung)로 시료 온도를 일정하게 유지시켜 $5\mu m$ 의 두께로 형성시켰다. CdZnTe 층이 형성된 후 SCS社의 PDS 2060 system을 이용하여 유전층을 증착하였다. 이 장비는 rotary pump로 $10^{-3}Torr$ 의 진공도를 유지하였으며 시료량을 조절하여 $2\mu m$ 의 두께로 증착되었다. 마지막으로 상부전극은 복사열을 최소화하기 위해 증착 시간은 2분보다 작게 제한하였으며 모두 2 ϕ , 5 ϕ , 7 ϕ 로 형성된 유전층위에 증착하였다. 상부전극은 Thermal로 증착가능한 Al, Au, 그리고 In으로 형성되었으며 그림 1은 제작된 CdZnTe X선 센서의 단면을, 그림 2는 제작된 시편의 전체 사진을 나타낸 것이다.

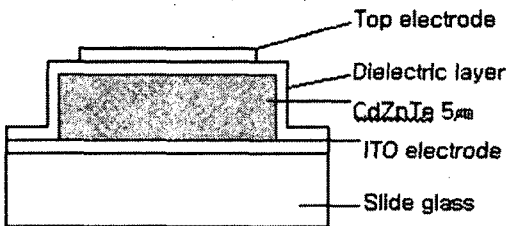


Fig. 1. The schematic of Fabricated sample

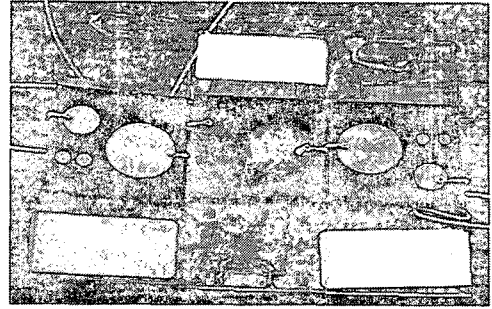


Fig. 2. The surface picture of Fabricated samples

제작된 시편에 대한 누설전류(leakage current)의 측정을 위해 사용된 장비는 전압인가를 위해 DC Power Supply(3033B, Protek), 파형획득을 위한 Oscilloscope(LC334AM, LeCroy)를 이용하였다. 바이어스에 대한 누설전류의 변화를 측정하기 위해 전압 인가후 20초에서 $-10V/\mu m \sim 10V/\mu m$ 까지 $2V/\mu m$ 의 간격으로 전압을 각각 인가하여 신호량을 검출해내었으며 시간에 대한 누설전류량을 측정하기 위해 $10V/\mu m$ 에서 0-500초 동안의 신호량을 검출하였다. 그림 3은 실험 개략도를 나타낸 것이다. 획득된 파형은 AcqKnowledge 3.0를 이용하여 신호처리를 한 다음, 평균 과도전압(transit voltage)을 측정하여 누설전류를 계산하였다.

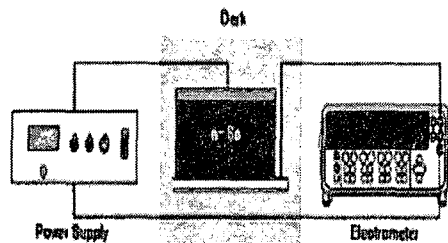


Fig. 3. The schematic of Leakage current measurement

전기적 특성은 각각의 조건에서 선별된 5개의 시편에서 측정된 값을 평균으로 구하였으며, 오차를 감안하여 표준편차를 산출하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 4는 시간에 대한 누설전류를 보여준다.

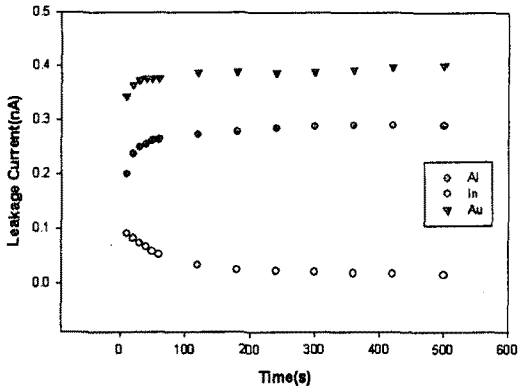


Fig. 4. Leakage current after application of $10V/\mu m$ for electrodes formed from three metals

transient의 시간에 대한 의존성과 current level 들 다 양극으로 가해지는 전극의 금속에 달려있다. 인듐은 물질은 시간이 지남에 따라 감소하는 반면 Al과 Au는 최초 60초까지 증가하다가 그 후 saturation되는 경향을 보인다. 인듐이 가장 누설전류가 낮으면서 좋은 특성을 가진다는 것을 확인할 수 있었다.

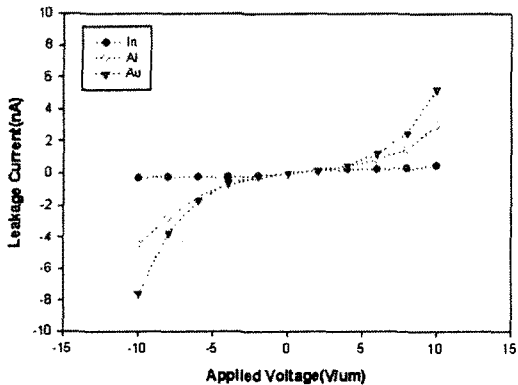


Fig. 5. The current vs. electric field for three metals

그림 5는 3금속에 대한 I-V 특성곡선을 보여준다. I-V관계는 동일한 시간(20초)에서 측정되었다. 인듐을 제외한 금속들은 $I \propto V^n (n > 1)$ 을 따르며 이것은 금속과 CdZnTe 층이 ohmic contact을 형성하였기 때문이며 인듐은 flat한 경향을 보이며 가장 좋은 특성을 보여준다. 표 1은 여러 금속의 일함수 (Work function)을 보여준다. 본 연구에 사용된 Al, In, Au에서만 조사한 결과 일함수가 낮을수록

낮은 암전류를 보였다.

Table 1. The electron work function of metals

Metal	Φ (eV)	Metal	Φ (eV)
Ca	2.9	Cr	4.5
Mg	3.65	Ag	4.6
In	4.1	Cu	4.7
Al	4.25	Pd	5.1
Bi	4.2	Au	5.1
Zn	4.3	Ni	5.2
Sn	4.4	Pt	5.65

4. 결론

기존 디지털 X-ray 영상검출기 receptor로 쓰이는 CdZnTe를 열진공증착법에 의해 형성하였다. 시편은 각각 세 금속의 다른 상부전극으로 이루어졌으며 금속과 박막사이 어떠한 접합을 보이는지와 금속에 따른 누설전류 측정을 통해 금속의 일함수가 낮을수록 누설전류도 낮다는 것을 알아내었다. 세 금속에 대하여 인듐이 가장 훌륭한 결과를 보였으며 전류는 ohmic contact을 따른다는 것을 확인할 수 있었다. CdZnTe 박막에 인듐을 상부전극으로 사용할 시 가장 높은 영상검출기로서의 특성을 가질 것으로 판단되며 본 연구는 향후 우수한 성능의 디지털 방사선 검출기를 개발하는데 있어서 제작공정상의 기초 자료로 많은 활용을 할 수 있을 것이라 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2002년 국가 지정 연구실 사업 (National Research Laboratory)에 의해 이루어졌습니다.(ID : M1-0104-00-0149)

참고 문헌

- [1] Susumu Adachi, SHIMADZU Co., SPIE Vol. 3977, Medical Imaging, 2000, "Experimental Evaluation of a-Se and CdTe Flat-Panel X-ray Detectors for Digital Radiography and Fluoroscopy"
- [2] S.O. Kasap, J.A. Rowlands, Proc. of the 9th International School on Condensed Matter Physics. Varna, September 1996
- [3] M.J. Yaffe, J.A. Rowlands, Phys. Med. Biol. 42(1997) 1.

- [4] S.O. Kasap, in: A. Diamond(Ed.), The Handbook of Imaging Materials, Chap. 8, Marcel Dekker, New York, 1991.
- [5] H. R. Moutinho, "Investigation of polycrystalline CdTe thin films deposited by physical vapor deposition, closed-spaced sublimation, and sputtering", American Vacuum Society, 1995
- [6] R.E. Johanson, S.O.Kasap, "Metallic electrical contacts to stabilized amorphous selenium for use in X-ray image detectors", Journal of Non-Crystalline Solids 227-230, 1998