

방사선 센서 적용을 위한 CdS 소자 제조 및 X선 반응 특성

박지훈^{*}, 최장용^{*}, 김경진^{*}, 김소영^{*}, 이형원^{**}, 남상희^{**}

인제대학교 의공학과 방사선 영상 연구실^{*}, 인제대학교 의료 영상 연구소^{**}

The fabrication of CdS films and characteristics of x-ray response of CdS films for radiation sensor applications

Ji-Koon Park^{*}, Jang-yong Choi^{*}, Kyung-Jin Kim^{*}, So-yung Kim^{*}, Hyung-Won Lee^{**}, Sang-Hee Nam^{**}

Radiation Imaging Reserch Center Department of Biomedical Engineering of Inje University^{*},

Medical Imaging Reserch Center of Inje University^{**}

Abstract

본 논문은 CdS의 소성 온도가 방사선 검출 특성에 미치는 영향을 조사하였다. CdS 센서는 스크린 프린터 방식을 이용해 40 μ m의 두께로 제조하였다. XRD 와 SEM을 이용하여 형성된 CdS 필름의 구조 및 형상을 분석하였다. 제조된 CdS 센서에 대해 X선 반응 특성을 조사하기 위해 I-V 측정을 수행하였다. 인가 전압에 따른 Dark current, x-ray sensitivity 및 선량에 따른 Linearity을 측정할 결과 CdS 센서가 450 $^{\circ}$ C 이상 소성시 방사선에 대한 우수한 검출 특성을 보였다.

Keyword : CdS , 소성 온도 , X선 반응특성 , 스크린 프린터

1. 서 론

최근 10여년간 평판 디지털 영상검출기가 일반촬영 및 투시영상장치에의 적용을 위해 개발되어져 왔다.[1-2] 이러한 시스템은 대면적 Active-Matrix TFT array로 구성되어 있으며 2가지의 영상획득 원리로 구분된다. 한 가지 방법은 간접변환 방식으로 형광체가 입사된 X선을 흡수하여 가시광을 방출한다. 이 가시광은 a-Si:H의 p-i-n 광다이오드에 의해 전기적인 신호로 각 픽셀에 저장된 후 획득된다. 다른 접근 방법인 직접변환 방식은 광도전층에 입사된 X선을 흡수하여 이온화된 전하들을 전기장에 의해 직접 수집하는 것으로써 빛으로의 변환 과정이 없기 때문에 간접 방식에 비해 높은 고유해상도(intrinsic resolution)을 가지는 장점이 있다. 현재까지 이러한 광도전체로서 As과 Cl이 미량 첨가된 비정질 셀레늄을 이용하고 있으며, 많은 국외 의료업체에서 상품화되고 있다.[2] 하지만, a-Se는 다른 광도전물질에 비해서 전자 및 정공쌍

발생에너지(W)가 약 50 eV 정도로 매우 높으며, X선에 대한 저지능(stopping power)가 낮기 때문에 검출효율이 낮으며, 전하수집을 위해 10 V/ μ m 이상의 고전압, 다시 말해서 수 kV 이상의 고인가 전압이 요구되기 때문에 TFT 어레이 및 a-Se의 파괴 등의 약점을 지니고 있다. 따라서 최근 새로운 광도전물질에 대한 많은 연구가 활발히 진행되고 있으며, 가능성이 있는 광도전물질은 PbI₂, HgI₂, Cd(Zn)Te, CdS 및 TlBr 등이다.[3]

이 중에서 CdS 필름은 a-Se에 비해 높은 X선 변환 이득과 낮은 동작전압 특성을 보이는 것으로 보고 되고 있으며 뿐만 아니라 물리적 및 화학적으로 우수한 안정성을 지니고 있기 때문에 다른 물질에 비해 많은 장점이 있다.[4]

본 논문에서는 스크린 프린터 방식의 CdS 필름 제작시 검출 효율을 높이기 위한 방법으로 소성에 따른 CdS 필름의 방사선 검출 특성을 실험적으로 조사하였다.

2. 실험

2.1 CdS 시편 제조 방법 및 분석 방법

제작된 시편은 indium-tin-oxide(ITO) 코팅된 glass 위에 CdS paste를 스크린 프린터 방식을 이용해 제조하였다. ITO glass는 중성세제와 에탄올로 세척하고 D-I water 로 닦아낸 다음 N₂로 건조 시켰다. CdS paste는 분산제 역할을 하는 binder 와 소성후 CdS 필름의 접합력을 좋게 하는 첨가제를 혼합하여 제조 하였다. 스크린 프린터 된 시편의 두께는 40 μ m로 제조하였고 XRD, SEM을 이용한 구조 및 형상 분석과 X-선 반응 특성을 위한 I-V 측정에 시편을 사용하였다.

스크린 프린터 된 CdS 표면 위에는 PDS2060 (SCS , USA) 장비를 이용하여 parylene polymer 필름을 상부 전극으로부터 hole injection을 예방하기 위해 증착하였다. 이것은 누설전류를 낮추어 주어 SNR을 높여주는 역할을 한다. 이 parylene 필름의 두께는 약 5 μ m 정도가 된다. parylene 필름 위에는 상부전극 ITO(indium-tin-oxide)을 진공증착을 하였다. 그림 1은 CdS 필름의 단면구조를 그림으로 표현한 것이다.

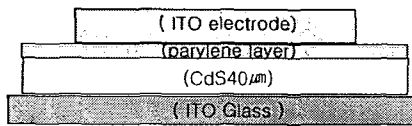


그림 1. CdS 센서의 구조

XRD(RAD-3C, Rigaku, Japan)장비를 이용한 X 선 회절은 CdS 센서의 결정화 구조를 분석해주고, Scanning Electron Microscopy (JSM 820, Jeol , Japan) 은 CdS 센서의 표면 구조 및 형상분석을 해준다.

2.2 전기적 측정

CdS 필름의 I-V 특성에 대한 조사를 수행하였다. Dark 상태에서 CdS에 흐르는 누설전류를 측정하여 CdS 필름의 SNR을 조사하였다. 이 실험을 위한 장비로는 고전압용 DC power supplier (Protek 3033B, USA)와 미세 dark current 측정을 위한 electrometer (Keithley 428 , USA) 장비를

사용하였다.

X-선 sensitivity 측정을 위한 장비로는 X-선 장비 외에는 누설전류 측정과 같은 장비를 사용하였다. X-선 장비로 Shimadzu TR-500-12S 와 신호 획득을 위한 방사선 조사 조건으로는 80kVp, 100mA, 0.03s 의 조건으로 실험하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 X-선 회절패턴 및 형태

다결정 CdS 박막을 제작할 때 소성 온도는 CdS 승화점을 고려하여 Cd와 S의 해리가 일어나지 않는 500°이하를 소성 온도로서 XRD 분석을 하였다.[5] 그림 2와 그림 3는 2 θ 의 회절각도의 CdS의 XRD 그래프이다. XRD 측정 조건은 스캔 step(0.05), 스캔 range(5°-90°), 스캔 speed(5/min)이다. 그림 2와 그림 3에서 25°~30° 사이에서 최고 peak를 보여주고 있다.

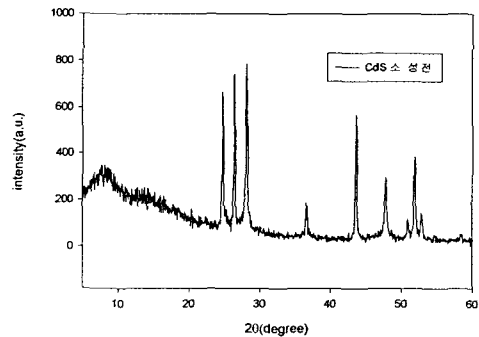


그림 2. CdS 필름의 소성전 X-ray 회절패턴

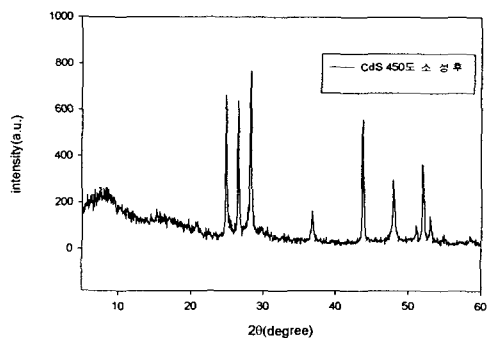


그림 3. CdS 필름의 소성후 X-ray 회절패턴

XRD 그래프에서 CdS의 결정 구조는 hexagonal structure 임을 알 수 있다. CdS Source의 온도가 높아질수록 결정구조는 변화가 없다는 것은 그림에서 보는 것처럼 소성전과 450° 고온 소성의 XRD 수치에서 알 수 있다. [5-6]

그림 4는 스크린 프린트로 제작된 CdS 필름의 단면에 대한 SEM 사진이다. parylene layer와 CdS layer, ITO Glass가 40μm 두께의 다층구조로 접합되어 있다. CdS layer의 vacancy는 CdS 필름 제조시 좀 더 정교한 스크린 프린터 작업을 수행함으로써 해결된다. 그림 5와 그림 6은 소성전과 450° 고온 소성후의 표면에 대한 SEM 사진이다. 소성전의 표면은 바인더가 잔존하여 CdS Source와 묻혀있다.

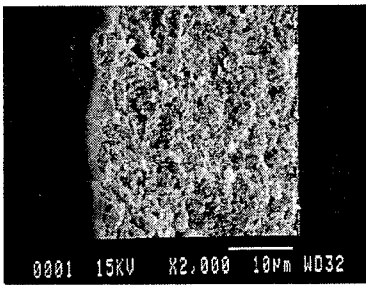


그림 4. CdS 필름 단면 SEM 사진

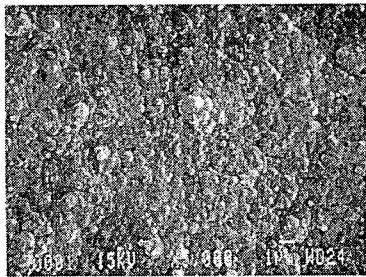


그림 5. CdS 필름 소성전 표면 사진

하지만 그림 6에서 볼 수 있듯이 소성한 후의 CdS 필름 표면입자는 바인더의 증발로 소성전보다 더 구형에 가까운 것을 보여준다. 그리고 CdS 필름을 450° 고온 소성한 표면의 상태는 내부층의 불규칙성을 개선하여 접합특성을 향상시킨다.[6]

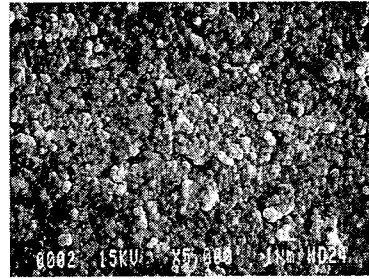


그림 6. CdS 필름 소성후 표면 사진

3.2 Dark Current

그림 7은 소성후의 Dark current를 측정한 그래프이다. 4(V/μm)일때 Dark current는 375(pC/cm²)이다. 하지만 소성전의 CdS 필름의 Dark current는 심한 노이즈와 함께 아주 높다. 즉 소성한 CdS 필름이 누설 전류가 낮음으로써 인가전압에 따른 SNR이 높기 때문에 방사선 영상 검출기로서 더 많은 가능성을 보여줄 수 있다.

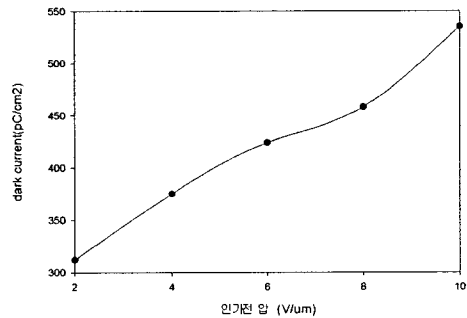


그림 7. 소성 후 dark current

3.3 X-Ray Sensitivity 및 선량에 따른 linearity

그림 8은 인가전압에 따라 Net charge값을 구한 그래프이다. 소성후의 CdS 필름은 20V일때 Net charge 값은 0.0017uC이며 50V 일때는 0.0025uC 이상으로 높게 나오며 이것은 Photo sensitivity 역시 높음을 알 수 있다. 하지만 소성 전의 CdS 필름은 Dark current가 높은 관계로 Net charge 값이 낮다.

그림 9는 소성후 CdS 필름의 선량에 따른 Net charge값을 구한 그래프로서 방사선 조사 조건은 80Kvp, 100mA, 0.03S에서 실험하였다. 그 결과 선

량이 200mR일때 charge 값은 0.00128uC 이며 선량이 300mR일때 charge 값은 0.00171uC로 선량에 따라 증가함을 알 수 있다. 전체적인 그래프는 선형성을 유지함으로써 진단 방사선 영역에서의 소성후 CdS 필름이 방사선 영상 검출기로서의 역할을 할 수 있음을 보여준다.

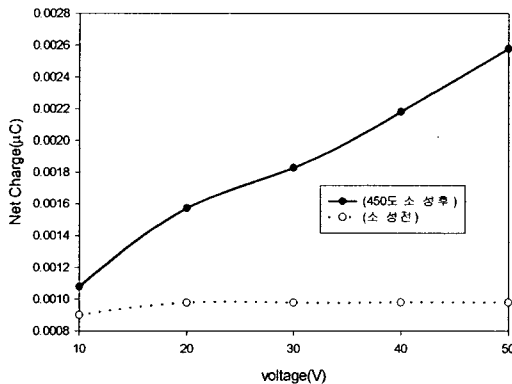


그림 8. 소성전,후 인가전압에 따른 charge값

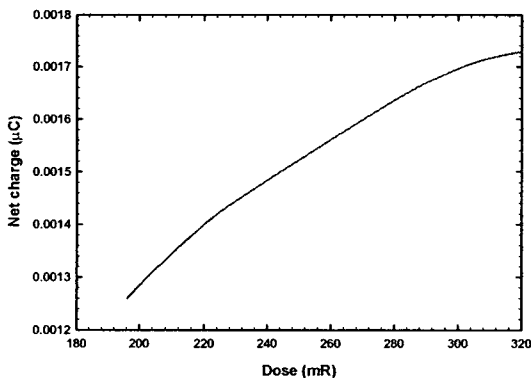


그림 9. CdS 필름 소성후 선량에 따른 Charge 값

4. 결론

본 논문은 CdS를 이용한 직접변환방식의 평판형 X-선 영상검출기 개발에 관한 연구로써 검출기의 성능에 대한 연구이다. CdS 필름을 450° 고온에서 소성함으로써 바인더의 증발과 내부층의 불규칙성을 개선하여 CdS 필름의 Dark current를 감소시켜 SNR을 높이는 것이다. 이 연구를 위한 XRD,

SEM, 및 I-V측정 결과 XRD에서는 소성에 따른 CdS의 입자구조변화는 없었고 SEM의 측정 결과 450° 고온 소성이 CdS 필름의 바인더가 증발함을 확인할 수 있었다. 그에 따른 I-V측정 결과 Dark Current의 수치도 375(pC/cm²)로 낮게 나오며 X-선 sensitivity 와 선량에 따른 linearity 역시 소성에 의한 높은 효율을 보여주고 있다. 이는 일반 촬영용 평판 검출기에 대한 적용은 충분하다 할 수 있다.

소성을 통해 X-선 sensitivity 와 선량에 따른 선형성을 가진 CdS 검출기는 향후 대면적 형성과 수백 μm 이상의 두께로 제작할 경우, 현재 약점으로 대두되고 있는 a-Se 검출기보다 우수한 성능을 가질 수 있을 것으로 기대된다.

향후 좀 더 정교한 스크린 프린트 작업과 CdS 필름위에 형광체 층을 올린 multi-layer 필름 검출기에 대한 연구를 수행하여야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 정보통신부 원자력 과제 [M203340100-01-03A0927-00310]에 의해 수행 되었습니다

참고 문헌

- [1] S.vedantham, G.C.Giakos, A.Dasgupta. B. Pillai. S.Chowdhry, and P.Ghotra, "Electrical characterization of CdZnTe imaging detectors for digital radiography". SPIE. Vol.3032.p499.1997
- [2] W.Que, and J.A.Rowlands. "X-ray Imaging using Amorphous Selenium : Inherent Spatial Resolution", Med Phys.,Vol 22,No.4,p.365,1995
- [3] Sang-sik Kang, Sang-Hee Nam "A Polycrystalline CdZnTe Film and X-ray Response Characteristics for Digital Radiography" Transactions on E.E.M Vol.4 .No3. p15 .2003
- [4] 최승열 "CdS X-Ray Dosimeter의 개발을 위한 선량검출 및 특성에 관한 연구" p8-p10. 1998
- [5] 김성구, 박계춘, 유용택 "열처리 온도에 따른 CdS 박막 특성" The Journal of Korea

Institute of E.E.M.E Vol.7, No.1. p49-56,1994

- [6] 김동섭, 김선재, 박경우, 임호빈 “진공증착법으로 제조한 CdS 박막의 전기적 및 광학적 성질” 전기전자재료학회지 제 5권 제 1호 p.76, 1992
- [7] R.S.Sigh, V.K.Rangari, S.Sanagapalli, V. Jaya-raman, S.Mahendra, V.P. Singh “Nano-structured CdTe, CdS and TiO₂ for thin film solar cell applications” Solar Energy Materials & Solar Cells, p 5-8. 2004
- [8] Xu Changqi, Zhang Zhicheng, Ye Qiang “A novel facile method to metal sulfide(metal=Cd,Ag,Hg) nano-crystallite”, Material Letter 58 , p1671-1676, 2004
- [9] M.B. Ortuno-Lopez, M.Sotelo-Lerma, A.Mendoza-Galvan, R.Ramirez-Bon “Chemically deposited CdS film in an ammonia-free cadmium-sodium citrate system”, Thin Solid Film, 2003
- [10] Jaehyong Lee “Raman scattering and photoluminescence analysis of B-doped CdS thin film” ,Thin Solid Film 451-452, p170-174, 2004