

전하 트랩 및 주입 문제를 해결하기 위한 비정질 셀레늄 필름의 계면 특성

Interfacial Properties of a-Se Thick Films to Solve Charge Trap and Injection Problems

조진욱*, 최장용*, 박창희**, 김재형***, 이형원***, 남상희***, 서대식****

(J. W. Cho*, J. Y. Choi*, C. H. Park**, J. H. Kim***, H. W. Lee***, S. H. Nam***, D. S. Seo****)

Abstract

Due to their better photosensitivity in X-ray, the amorphous selenium based photoreceptor is widely used on the X-ray conversion materials. It was possible to control the charge carrier transport of amorphous selenium by suitably alloying a-Se with other elements(e.g. As, Cl).

The charge transport properties of amorphous Selenium is decided on hole which is induced from metal to selenium in metal-selenium junction and which is transferred in a-Se bulk. This phenomenon is resulted of changing electric field owing to increasing of space charge by deep trap of a-Se bulk.

In this paper, We doped the chlorine to compensate deep hole trap and deposited blocking layer using dielectric material to prevent from increasing space charge for injection charge between metal electrode and a-Se layer. We compared space charge and the decreasing of trap density through measuring dark and photo current.

Key Words : Photosensitivity, Charge transport, Dielectric layer, Dark current, Photo current

1. 서 론

X선 영상 검출기에서 사용되는 광도전 물질은 많은 기능적 요구조건들이 있다. 우선 높은 X선 흡수율을 가져야 하며 비저항이 높아서 누설전류(Leakage Current)가 낮으며 광자효율(Quantum

efficiency)이 높아서 조사된 X선에 대한 전자-정공쌍(EHP) 발생수가 많아야 신호대 잡음비(SNR)가 높은 영상을 획득할 수 있다. 뿐만 아니라 이러한 광도전체 내부에서 발생된 전하를 인가전기장(electric field)에 의해 수집전극으로 이동하는 과정에서 전하 트랩(trap)에 의한 전하손실이 없어야 한다.

X선 변환물질로서는 Si, Ge 등과 함께 a-Se, PbI₂, TlBr, Cd(Zn)Te 등이 일반적으로 사용되고 있다. 그 중에서도 비정질 셀레늄은 CdZnTe($\sim 10^{10}$), PbI₂($\sim 10^{12}$) 등의 물질보다 비저항이 $10^{15} \Omega$ -cm 정도로 매우 높기 때문에 누설전류(leakage current)가 다른 물질에 비해 극히 낮

* : 인제대학교 의용공학과
(경남 진해시 어방동 607,
Fax : 055-325-7931
E-mail : jinugi@drworksl.inje.ac.kr)

** : 인제대학교 전산물리학과
*** : 인제대학교 의료영상연구소
**** : 연세대학교 전기전자공학부

다. 그렇지만 문헌에 의하면 원자번호가 상대적으로 낮기 때문에 전자-정공쌍을 발생시키는데 필요한 에너지인 W 값이 $10 \text{ V}/\mu\text{m}$ 정도의 전기장에서 약 $30\text{-}40 \text{ eV}/\text{ehp}$ 로서 약 10배 정도 높기 때문에 민감도가 낮은 단점이 있다. 이러한 W 치는 셀레늄 층에 인가되는 높은 전기장과 As 및 Cl과 같은 보상물질을 도핑시킴으로써 향상될 수 있다. 셀레늄의 또 다른 단점은 낮은 원자번호에 기인하여 X선 흡수율이 낮기 때문에 흡수를 높이기 위해서는 수백 μm 이상의 두께를 가져야 된다. 그러므로 이러한 두께에서 발생전하의 수집효율을 높이기 위해 μm 당 수십 V의 전압을 인가해야 하는 단점을 가지고 있다. 그러므로 이러한 고전압에 의한 TFT array에서 발생하는 dead pixel의 방지와 전극으로부터 셀레늄 내부로의 전하유입을 막음으로써 누설전류를 감소시키기 위해 셀레늄과 Metal 전극 사이에 유전층(dielectric layer)를 형성시켜야 한다.

본 연구에서는 유전층이 a-Se의 X선 반응특성에 미치는 영향을 I-V 측정을 통해 분석하고, 높은 민감도를 가지는 X-ray receptor의 구조를 정량화하고 최적화시키는데 그 목적이 있다.

2. 실험

본 연구에서 시편제작에 사용된 증착기는 SPCL Thermal Evaporation System (표준진공 제작, 지름 1300ϕ)이며 챔버 내부 구조를 Fig 1에 나타내었다. 셀레늄 시료는 순도 99.999%(5N)이며, 미량의 Arsenic 0.3% 및 Chlorine 30ppm을 첨가하여 시편의 재결정화 방지 및 전자-정공의 이동을 극대화시키고자 하였다.

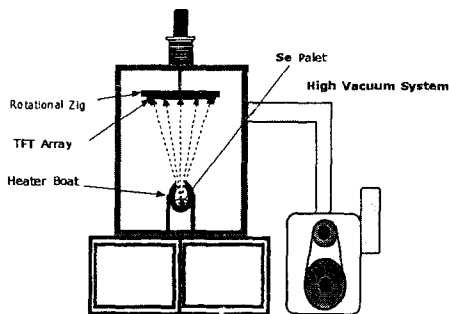


Fig 1. The Schematics of the Vacuum Evaporator

준비된 corning glass는 아세톤, 에탄올 순으로 30 분간 초음파 세척을 하고, D.I water로 세척 후 질소 gun으로 수분을 제거하였다. a-Se 제작을 위하여 mechanical pump와 diffusion pump를 이용하여 챔버 내부 진공을 10^{-6} Torr 정도로 유지시킨 후 pallet 형태의 셀레늄 원료를 SUS boat로부터 증발시켜 약 $500 \mu\text{m}$ 정도를 두께를 형성시켰다.

형성된 a-Se 층위에 유전층 증착시스템(SCS社, PDS 2060)으로 두께가 각각 3, 6, 9, 10, 20, 30 μm 가 되도록 Dimer 량을 조절함으로써 형성하였다. I-V 측정을 위한 전극은 Au(Cerac, 99.99%) wire로 10^{-6} Torr 정도에서 열증착법으로 증착시켰으며, 증착된 Au 박막의 두께는 약 200 nm 정도로 측정되었다. Fig 2는 제작된 시편 및 단면구조를 나타낸 것이다.

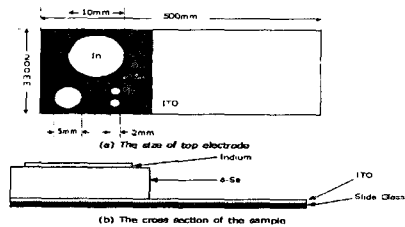


Fig 2. The fabricated sample

누설전류(Dark current) 측정은 고전압발생기(EG&G 558H, USA)를 이용하였으며 암실에서 시편의 양단에 고전압을 인가 후, 발생하는 전류를 Electrometer(Keithley 6517A, USA)를 이용하여 측정하였다. 또한 X선 조사에 의한 신호발생량을 측정하기 위한 회로를 Fig 3과 같이 구성하였다.

본 실험에서 인가한 전압은 $10\text{V}/\mu\text{m}$ 로 하였으며 시편에 대한 X-ray의 조사조건은 차폐체(Al 및 Cu)를 이용하여 1mR의 균일 조사선량으로 측정하였다. X선 발생기는 Shimadzu社 TR-500-125 Radio-Textcx-s를 사용하였다.

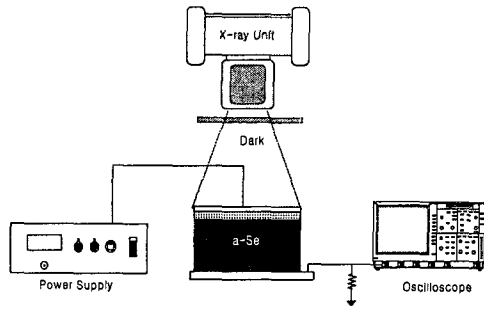


Fig 3. X-ray sensitivity 측정을 위한 시스템 구성도

X선 민감도를 계산하기 위해 Oscilloscope를 통해 얻어진 전압값을 X선이 조사된 시간 영역에서 적분하고, 그 값을 사용된 저항치로 나누어 줌으로써 발생한 총 전하량을 계산할 수 있다. 총전하량(Q)와 전류(I)는 검출 회로 구성에 의해 다음의 수식으로 계산할 수 있다.

$$Q = \int Idt = \frac{2}{R} \int Vdt$$

$$I = \frac{dQ}{dt} = \frac{2}{R} \frac{d}{dt} \int Vdt = \frac{2V}{R}$$

3. 결과 및 고찰

500 μ m 두께의 시편에 대해 측정된 누설전류(Leakage Current) 및 광전류(photo Current)을 Table 1에 나타내었다.

유전층 두께(μ m)	누설전류(pA)	광전류(nA)	I_p/I_d
3	570	22.4	40
6	510	16.2	32
9	475	9.2	20
20	317	3.17	10
30	251	1.51	6

Table 1. Measured Leakage current and Photocharge

측정 결과는 Table 1에서 나타나듯 유전층의 두께가 증가함에 따라 암전류의 감소율이 광전류의 감소율보다 훨씬 크게 나타났다. 따라서 상대적으로 신호대 잡음비인 SNR은 유전층의 두께가 커질

수록 낮아짐을 알 수 있었다.

Fig 4는 유전층 두께에 따른 누설전류와 광전류량을 그래프화 한 것이다. Fig 4에서 보는 바와 같이 유전층의 두께가 감소함에 따라 SNR이 포화됨을 확인할 수 있었다. 또한 Fig 5는 X선 Sensitivity로 정의되는 암전류와 광전류의 비를 그래프화 한 것이다.

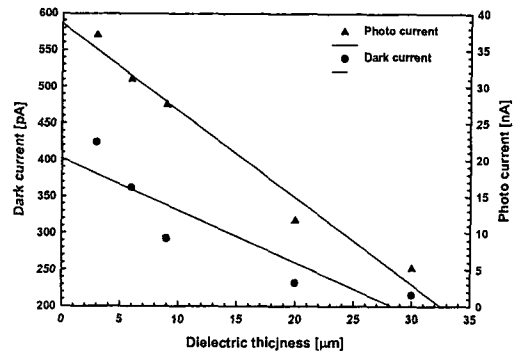


Fig 4. Dark Current and Photo Current as a function of Dielectric layer thickness

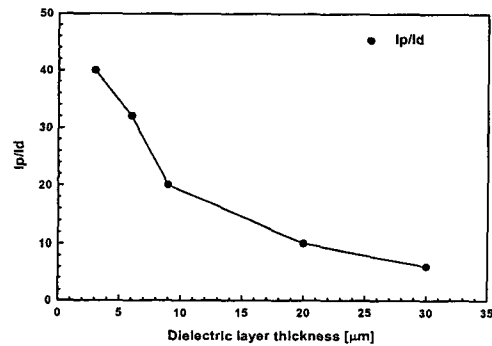


Fig 5. I_p/I_d plot as a function of Dielectric layer thickness

4. 결론

본 연구에서는 X선 receptor인 비정질 셀레늄을 이용한 다층구조의 설계시 X선에 의해 발생한 전하운반자의 검출효율을 높이기 위해 인가하는 고전압에 의해 비정질 셀레늄 층의 breakdown 현상을 방지하고, 고전장에 의해 금속전극으로부터 셀

레늄 층으로의 정공 유입에 의해 누설전류가 증가하는 현상을 방지하기 위한 목적으로 금속전극과 셀레늄 박막 사이에 삽입하는 유전층의 영향을 I-V 특성곡선을 측정함으로써 평가할 수 있었다.

비정질 셀레늄을 이용한 검출기의 X선 민감도는 광도전층 내부의 전기장에 비례하여 증가한다. 따라서 본 연구의 결과에서 유전층에 의한 전압강하의 결과로 광도전층의 전기장이 감소하여 X선 민감도가 크게 감소함을 알 수 있었다. 그러므로 유전층의 두께는 고전압에 의한 파괴전압과 X선 민감도를 좌우하는 큰 요인이 되기 때문에 우수한 검출기를 개발의 목적으로 유전층의 두께의 결정은 보다 많은 연구가 되어져야 할 것이다.

감사의 글

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

참 고 문 헌

- [1] National Physical Laboratory, New Delhi-110, India "Effect of combinational doping on x-ray sensitivity of a-Se films"
- [2] 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
- [3] C. Haugen, S. O. Kasap, AND J. Rowlands. "Charge transport and electron-hole pair creation energy in stabilized a-Se x-ray photoconductors", J. Phys. D: Appl. Phys. Vol. 32, pp. 200-207, 1999
- [4] Robert E. Johanson, S. O. Kasap, J. Rowlands, B. Polischuk. "Metallic electrical contacts to stabilized amorphous selenium for use in X-ray image detectors", J. Non-Crysta. Solids, Vol. 227-230, pp. 1539, 1998
- [5] A. Yu. Leiderman and M. K. Minbaeva. "Mechanism of Rapid Growth of the Direct Current in Semiconductor Diode Structures". Semiconductors, Vol. 30, No. 10, pp. 905, 1996