

진공증착법을 이용한 비정질 셀레늄 변환체의 전하캐리어 이동특성 분석

박지균, 최일홍*, 이미현, 이광표, 유행수, 정봉재, 강상식

한국국제대학교 방사선학과, 한국국제대학교 소방방재학과*

Transport Properties of Charge Carrier in Amorphous Selenium Converter driven by Vacuum Thermal Evaporation Method

Ji Koon Park, Il Hong Choi*, Mi Hyun Lee, Kwang phoo Lee, Mi Young Kim, Haeng Soo Yu, Bong Zae Jung, and Sang Sik Kang

*Department of Radiological Science, International University of Korea. Department of Disaster Prevention Engineering, International University of Korea.**

요약

본 연구에서는 X선 조사에 의해 생성된 전하의 이동현상을 조사하기 위해 비행시간 측정방법을 이용하였다. 이 측정기술은 일반적으로 디지털 X선 영상 변환물질의 전하 트랩 및 수송현상에 유용한 방법이다. 비행시간 측정법을 이용하여 a-Se 광도전체의 전하 수송자의 과도시간 및 이동속도를 측정하였다. 시편제작을 위해 열증착법을 이용하여 유리관위에 400 μm 두께의 a-Se 필름을 제작하였다. 측정결과, 전자와 정공의 과도시간은 10 V/ μm 의 전기장에서 각각 229.17 μs 와 8.73 μs 였으며, 이동속도는 각각 0.00174 $\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$, 0.04584 $\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 였다. 측정결과, 전자와 정공의 이동 속도의 측정값에 다소 큰 차이를 보였으며, 이 결과로부터 전하수송 및 트랩 기전을 분석하는데 이용하였다.

Abstract

In this paper, transport properties of charge carrier which is produced by x-ray exposure were investigated. It is the research of charge transport and specific property of trap that is performed in direct digital x-ray image receptor. We measured transit time and drift mobility of charge carriers of a-Se photoconductor using time-of-flight method. We made a testing glass with a-Se of 100 μm thickness on corning glass using thermal evaporation method. As a result of this experiment, electron and hole transit time was each 229.17 μs and 8.73 μs at 10V/ μm electric field and drift mobility was each 0.00174 $\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$, 0.04584 $\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$. But the results shows us different measurement value of electron and charge drift mobility and it was investigated about charge transport properties and trap mechanism.

중심단어 : 셀레늄, 진공증착법, 전하캐리어

I. 서론

최근 디지털 X선 영상 장치의 기능에 따라 그에 맞는 검출기의 연구가 활발하게 진행되면서, 고해상도 및 고대조도를 필요로 하는 디지털 유방 촬영용 장치에는 TFT의 pixel에 한계에 따라 CCD와 CMOS를 기반으로 하는 저선량, 고해상도와 높은 SNR을 가지는 photon counting 방식이 연구가 활발히 진행되고 있으며, 이에 따라서 Solid state 센서 소재에 대한 연구도 활발하게 진행되고 있다^[1-3].

포톤 계수형(Photon Counting) 방식의 Solid state 센서 소재의 경우 비정질 실리콘 및 비정질 셀레늄의 특성을 높이기 위한 연구로 n형 또는 p형의 접합을 통해 물질 자체의 특성을 높이는 연구뿐만 아니라, 최근 높은 원자번호와 낮은 일함수를 가진 새로운 Solid state 센서 소재인 a-Se를 비롯하여 HgI₂, PbI₂, PbO, CZT, CdTe 등에 대한 기초 연구들이 수행되고 있다. 이에 기존의 integration mode에 적용되고 있는 비정질 셀레늄을 이용하여 TOF 측정법을 이용하여 전하수집시간을 측정함으로써 비정질 셀레늄의 drift mobility 측정하여 photon counting mode 적용을 위한 기초 연구를 수행하고자 한다.

II. 재료 및 방법

비정질 셀레늄의 drift mobility 측정을 위하여 기존 문헌상의 최적화된 셀레늄 조성비인 0.3% As과 30ppm Cl이 함유된 셀레늄 소스를 이용하여 진공 열증착법으로 ITO가 코팅되어 있는 코닝 글라스 상층에 약 400 μm 두께의 셀레늄 층을 형성한 다음, 셀레늄 상층에 Au 전극을 제작하였다. 또한 X선 조사시 셀레늄 층에서 발생한 전기적 신호를 검출하기 위한 목적으로 고전압 인가를 위해 백금 와이어를 부착하였다. 그림 1은 형성된 비정질 셀레늄의 시편과 구조를 나타내고 있다.

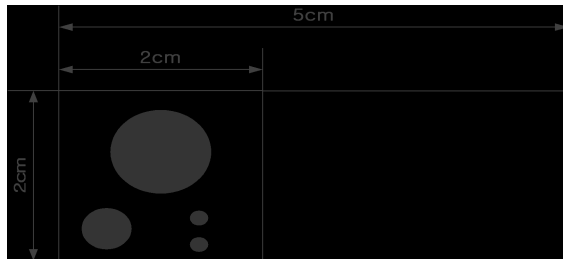
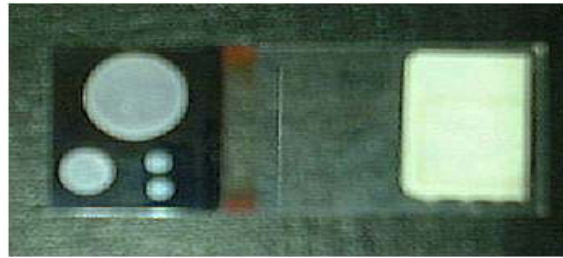


Fig 1. 제작된 셀레늄 시편 및 구조

전하수집시간을 정량적으로 측정하기 위해 TOF 측정을 수행하였다. TOF 측정은 N2 pulse laser를 이용하여 350nm 파장, 5ns pulse를 이용하여 제작된 셀레늄 표면에 레이저를 조사하여 셀레늄 표면에서 생성된 전자 및 정공쌍을 Digital oscilloscope(Lecroy, 1GHz, 2ch)를 이용하여 측정하였다. 그림 2는 TOF 측정 모식도를 나타내고 있다. 전하수집시간은 비정질 셀레늄의 누설전류와 X선 조사시 발생한 최대 신호 사이 전압의 1/2 지점에서의 시간으로 평가할 수 있으며, 측정된 전하수집시간을 아래의 수식에 의거하여 Drift Mobility를 측정할 수 있었다.

$$V = \frac{L}{t_T} = \mu E, \quad \mu = \frac{L}{t_T E} = \frac{L^2}{t_T V}$$

μ : Mobility, t_T : transit time,

L : thickness of sample,

E : electric field,

V : applied Voltage

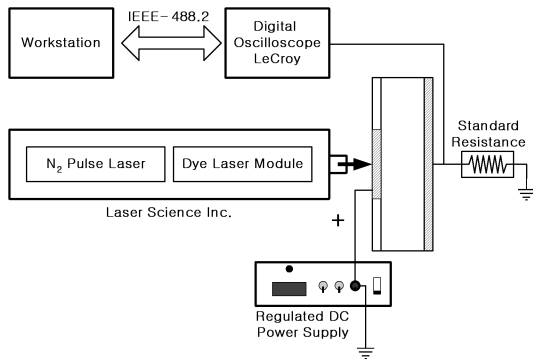


Fig 2. TOF 측정 모식도

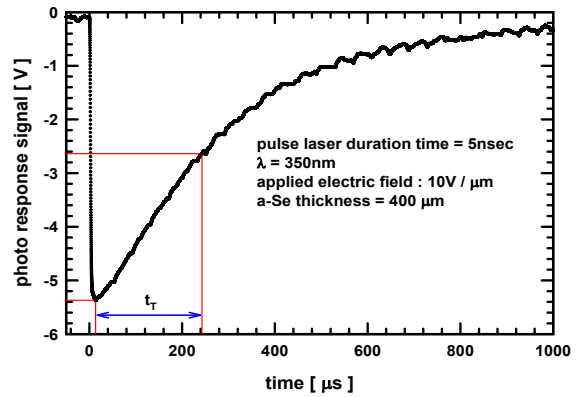


Fig 4. 전자의 transit time 측정 결과

III. 결과

a-Se의 전하캐리어 이동특성을 조사하기 위해서 TOF(time-of-flight) 측정실험을 하였다. 먼저, 정공의 이동시간을 측정하기 위해 펄스 레이저 광에 의해 상부 표면에서 생성된 정공을 하부전극까지 이동하는 동안 발생된 유도전압을 오실로스코프에 의해 획득된 신호 파형을 그림 3. 에 나타내었다. 10 V/ μm 의 전기장에서 정공의 평균 과도시간은 8.73 μsec 의 값을 보였다. 같은 방법으로 전자의 과도시간은 a-Se의 인가전압 극성을 반대로 하여 획득한 신호파형을 그림 4. 에 보여주고 있으며 229.17 μsec 의 값을 보였다. 인가전기장의 세기에 따라 측정된 과도시간을 표 1.에 나타내었다.

획득된 과도시간으로부터 계산에 의해 전자와 정공의 이동도를 도출하였다. 표 2. 는 인가 전기장의 변화에 따라 측정된 전자와 정공의 이동도 결과를 나타내었다.

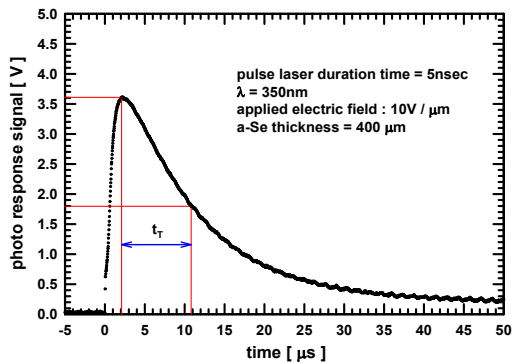


Fig 3. 정공의 transit time 측정 결과

Table 1. 인가전기장에 따른 과도시간

Electric Field[V/ μm]	Transit time [μs]	
	Hole	Electron
4	24.9688	565.1245
5	19.0840	450.8741
6	16.2088	370.5562
7	13.8562	337.2540
8	10.9794	299.5000
9	9.9339	247.5556
10	8.7267	229.1730

결과에서와 같이, 인가전기장의 세기가 증가함에 따라 정공의 이동도는 증가하는 경향을 보이는 반면, 전자의 이동도는 거의 일정한 것을 확인할 수 있었다. 또한, 10 V/ μm 의 전기장에서 정공과 전자의 이동도는 각각 0.04584, 0.00174 로 전자에 비해 정공의 이동도가 훨씬 우수함을 알 수 있었다. 이러한 결과는

Table 2. 인가전기장에 따른 이동도

Electric Field[V/ μm]	Mobility [$\text{cm}^2 / \text{V}\cdot\text{sec}$]	
	Hole	Electron
4	0.04005	0.00177
5	0.04192	0.00178
6	0.04113	0.00179
7	0.04124	0.00169
8	0.04554	0.00167
9	0.04474	0.00179
10	0.04584	0.00174

Reference(Kasap, 1991)상에서의 비정질 셀레늄의 Hole Drift Mobility 결과값에 비해 약 3배 이상 높은 값을 보였는데, 이러한 이유는 Drift Mobility에 영향을 주는 인자로서 doping 물질의 종류와 양, 그리고 Drift

Mobility를 측정하는 물질의 온도 의존성에서 비롯된다. 그러나 비정질 셀레늄의 경우 기존 문헌 및 여러 온도에서의 측정 결과 다른 반도체 소자와는 다르게 온도에 따른 의존성이 거의 없는 것으로 분석되었다. 따라서 본 과제에서 제작한 a-Se 시편의 Mobility값과 Reference data와의 값 차이는 doping 양에서 기인한 것으로 해석된다.

IV. 고찰

포톤 계수 방식의 디지털 영상 검출기 개발을 위한 기초 연구로써 현재 많이 사용되고 있는 검출물질인 비정질 셀레늄의 비행시간측정법(TOF 측정법)을 이용하여 전하수집시간과 이동도를 평가함하였다. 그 결과 전자보다는 정공에서 높은 이동도 특성을 나타내었으며, 이는 포톤계수형 센서 적용시 전자보다는 정공측정을 위한 검출물질 구조로 설계되어야 함을 알 수 있었다. 일반적으로 포톤계수형 센서 설계시 검출물질에 입사하는 포톤 하나 하나를 계수하기 위해서는 10MHz 정도의 주파수로써 샘플링을 하고 있으므로 기존의 비정질 셀레늄을 이용할 경우 충분히 포톤 계수 방식의 검출물질로 적용할 수 있을 것으로 판단된다. 향후 IFTOF 측정을 통해 X선 조사에 의해 생성된 전자와 정공쌍들의 전하평균 수명을 측정함으로써 실제 X선에 의해 생성된 전자-정공쌍들의 검출 효율을 측정함으로써 보다 정확한 적용 가능성을 평가할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2009년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임. (No.2009-0088856)

참 고 문 헌

- [1] Borje Norlin, Ph'd thesis, Mid Sweden University, 2005
- [2] H.E.Nilsson etc, Nuclear Instruments and Methods in physics Research A, 487,L 2002
- [3] S.Chand, J.Phys.D:Applied Physics. 31, 1998