

a-Se에 첨가된 Iodine의 조성비 변화에 따른 X선 검출특성 연구

차병열, 강상식, 이규홍, 김재형*, 남상희*

인제대학교 의용공학과, 인제대학교 의료영상연구소*

The Study on X-ray Detection Characteristics of Radiation Detective Sensor with Changing Composition Ratio of Iodine in a-Se

Byung-Youl Cha, Sang-Sik Kang, Gyu-Hong Lee, Jae-Hyung Kim*, Sang-Hee Nam*

Department of Biomedical Engineering of Inje University, Medical Imageing Research center of Inje University*

Abstract

This paper is researched that electric characteristic of Digital x-ray radiography technique with changing composition ratio of Iodine. Dopant material, Iodine is evaporated with amorphous selenium.

Thorough the old papers say, dopanted Iodine will be down the created trap level because of Arsenic dopant material in amorphous selenium. Arsenic material of Composition ratio in amorphous selenium is fixed with 0.3% and test sample is deposited composition of 30, 100, 300, 500, 700ppm with thermal evaporate system. Experimental measurement is performed by dark current and x-ray sensitivity in amorphous selenium based radition detector sensor. Fabricated test sample thickness is $30\mu\text{m}$ and injected voltage is $3\mu\text{m}$, $6\mu\text{m}$, $9\mu\text{m}$ to both electrode.

Experimental results showed that the net charge of composition rate of 30ppm is $398.88 \text{ pc/mR/cm}^2$ very high. And increase of the Iodine composition ratio is tendency to the decrease of net charge.

Doping changing composition of Iodine in amorphous selenium detector offered to basical information of amorphous selenium material.

Key Words : a-Se, iodine, photoconductor, digital radiography, radiation detective sensor

1. 서론

현재 Digital X-ray Detector가 여러 연구기관과 의료기관에서 개발 또는 진행중에 있다. 이에 사용된 검출기 시스템은 TFT(Thin Film Transistor)기술을 응용하였으며, 일반촬영 및 투시영상장치에의 적용을 위해 개발되어져 왔다. 개발되고 있는 검출기 부분은 대면적 pixel array로 구성되어 있으며 여

기서 사용된 x선 검출방식은 직접방식 또는 간접방식의 원리로 나눌 수 있다. 간접 방식은 입사된 X선을 흡수할 수 있는 형광체에서 흡수 후 가시광영역의 빛을 방출하므로써 이루어진다. 방출된 가시광은 a-Si:H p-i-n 광다이오드에 의해 전기적 신호로 바뀐다. 또 다른 접근 방법인 직접 방식은 X-ray를 흡수한 광도전층 내부에서 전자정공쌍을 생성하므로

써, 이에 생성된 전하를 양단의 고전압을 이용하여 X선을 검출한다. 본 논문에서는 획득된 신호로부터 총 전하량을 계산하기 위해 AcqKnowledge 3.0를 이용하였으며 유도 전압을 적분한 후, 다음의 수식에 의해 X선에 의해 발생된 전하량(Output charge, Q)을 계산하였다. 현재 주축을 이루고 있는 검출방식은 직접방식으로써 광도전층에 사용된 Iodine의 조성비별 변화에 따른 X선 검출 특성을 연구하였다. 문헌상으로 직접 방식의 검출방식은 간접방식에 비해서 빛으로의 변환 과정이 없기 때문에 보다 높은 고유해상도(intrinsic resolution)을 가진다.

직접방식의 X선 검출기에서 사용되고 있는 비정질 셀레늄에서는 적절한 Arsenic과 Iodine을 doping 시킴으로써 X선 검출시 순수 셀레늄의 기능적 요구조건들을 충족시켜주고 있다. 우선 검출기에 사용되는 광도전층은 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. 그리고 광도전체에 내부에서 생성된 전하를 출력함에 있어서 비정질셀레늄 특성상 10V/ μm 정도의 고전장을 필요로 한다. 인가 전기장(electric field)에 의해 수집전극으로 이동하는 과정에서 셀레늄 내부에서는 전하 트랩(trap)에 의한 전하손실현상이 발생하게 되는데, 이런 불필요한 trap 준위의 생성을 방지하여야 할 것이다.

직접방식의 영상검출기에 이용되는 비정질셀레늄은 Arsenic, Chlorine, Iodine 등 여러 가지의 물질을 dopant material로써 사용하고 있으며, 이들 물질들은 X선 조사시 민감도를 증가시키는 것으로 알려져있다. As의 경우 외부전기장의 크기를 증가시킴으로써 재결합을 감소시켜 X선 조사시 발생하는 charge carrier 이동도와 전달특성을 극대화시키며, Chlorine과 Iodine의 경우 같은 7족원소로써 Arsenic 으로부터인 trap 준위의 생성을 제거하기 위해 첨가하는 물질들로 알려져 있다.

조성비별과 물질별 특성을 연구하여 입사된 선량에 따라 생성된 정공의 수집효율을 증대시키고 고전압 인가를 줄이기 위해 각 방면의 노력을 취하고 있다.

광도전체인 비정질 셀레늄(a-Se)는 방사선에 대해 상대적으로 낮은 저지능(Stopping power)을 가진다. 그리고 전자-정공쌍 발생에너지가 약 50eV 정도

로 매우 클 뿐만 아니라, 발생되는 전하의 수집을 방해하는 불필요한 trap 준위의 생성이 일어남으로써 직접방식의 검출기에 있어서 보다 낮은 검출효율을 보이고 있다. 최근 이러한 a-Se의 단점을 극복하기 위해서 셀레늄 광도전체에 관한 연구가 활발히 진행되고 있는데 이 중 본 논문에서는 Arsenic을 0.3%로 고정된 상태에서 Iodine의 양을 각각 30, 100, 300, 500, 700ppm의 조성비로써 시편을 제작하였다.

따라서 본 연구의 목적은 비정질 셀레늄 기반의 방사선 검출센서에서 Iodine의 조성비에 따른 전기적 특성을 검출함으로써 직접방식의 검출기 재료에 쓰이는 비정질 셀레늄의 조성비 구성에 기초자료로 쓰일 수 있는 정보를 제공함에 있다. 실험적인 측정은 누설전류 및 X선 감도를 측정하므로써 수행하였다.

2. 실험

2.1 실험장치

본 실험에 사용된 비정질 셀레늄 증착장치는 열진공증착기(Thermal vacuum vaporator)이다. 시편제작 과정에 있어서 우선 유리기판($2 \times 5 \text{cm}^2$)을 trichloroethylene, acetone, methanol 순서로 20분간 초음파 세척후, DI water 로 헹군후 질소 gun 으로 건조시켰다. a-Se을 증착하기 전에 하부전극인 ITO(indium thin oxide)를 sputtering법에 의해 형성시키고 a-Se을 증착했다. 증착에 사용된 증착원료는 Nippon Rare Metal 사의 pellet 형태로써 99.999%(5N) 순도를 가진다. 본 논문에서는 증착된 비정질 상태의 재결정화 방지에 최적의 조성비를 보이고 있는 As(Arsenic, 0.3w%)을 각 시편에 동일하게 조성하고, 고전장 인가시 전하의 수송특성을 알아보기 위해 Iodine의 조성비를 30, 100, 300, 500, 700ppm이 첨가된 셀레늄 화합물을 사용하였다.

a-Se 증착은 Rotary pump와 Diffusion pump 에 의해 10^{-6} torr 정도의 진공도가 유지되었으며, 두께 균일도를 고려하여 4개의 source boat를 기하학적 분사각을 고려하여 위치시켰으며, Substrate를 잡는 기판(Zig)는 3 rpm/min으로 하고 증착속도는 약 $1.8 \mu\text{m}/\text{min}$ 정도로 고정시켜 $50 \mu\text{m}$ 두께를 가진 4cm^2 면적의 시편으로 제작하였다.

제작된 a-Se 시편은 SCS 社의 PDS 2060 system을 이용하여 고전압에 의한 시편파괴현상과 누설전류를 줄이기 위한 방법으로 유전층을 증착하였다. 이 장비는 mechanical pump로 10^{-3} torr의 진공도를 유지하였으며 시료량을 조절하여 10 μm 두께로 증착되었다. 진공증착 장비로 고전압 인가를 위한 상부 전극으로 누설전류 특성이 좋은 Au wire(Cerac co. 99.99%)를 원료로 하여 약

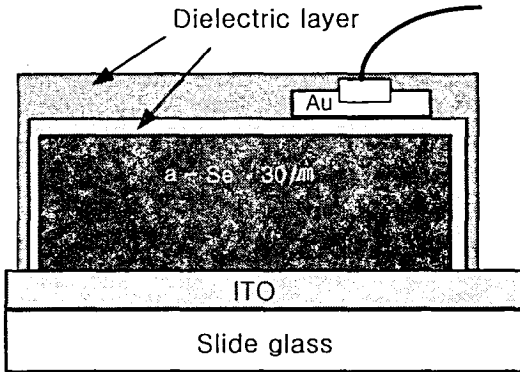


그림 1. 시편구조

200nm 정도의 두께로 열증착법을 이용하여 증착하였으며 면적은 0.28cm^2 이다.

각 시편은 다시 유전층(dielectric layer)를 각각 10g을 증착하여 다시한번 누설전류의 흐름을 막고자 하였으며 이는 그림 1 와 같은 구조를 만들었다.

2.2 실험장치

고전압인가 (high voltage) 및 측정(measurement) 은 고전압발생기 (Fug HCN700-12500)를 이용하였으며, 시편의 양단에 고전압을 인가 후, 발생하는 전류를 Electrometer (Keithley 6517A, USA)를 이용하여 측정하였다.

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 2 은 이러한 누설전류를 측정하기 위해 실험 개략도를 나타낸 것이다. X선 변환물질의 X선 민감도의 측정은 누설전류의 측정과 비슷한 구조를 가진다.

그림 3은 X선 민감도를 측정하기 위한 실험 개략도를 나타내고 있다. 본 연구에 사용된 X선 발생기는 Shimadzu TR-500-125를 사용하였으며 신호획득을 위한 조사조건은 70 kVp, 100 mA와 30msec의 조사시간으로 고정하였다. 또한 방사선량 검출기는 Ion chamber 2060(Radical Cooperation 社)을 이용하여 조사선량을 측정하였으며, 조사선량은 12.5mR 으로 측정되었다.

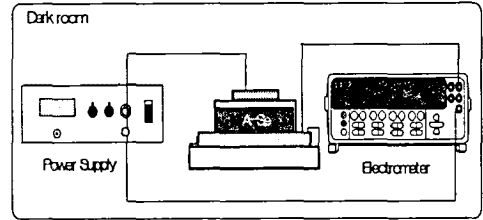


그림 2. 누설전류(Leakage current) 측정을 위한 시스템 구성도

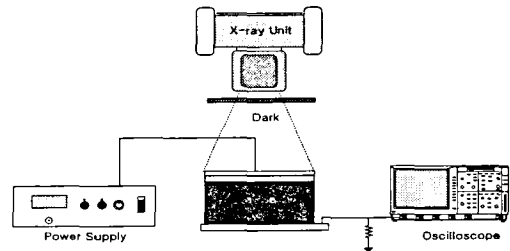


그림 3. 민감도 측정 시스템 구성도

X선 조사 후, 유도전압 파형은 오실로스코프에 의해 획득하였고 되었으며, sensitivity는 photo/mR/cm^2 으로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 4 는 a-Se에 첨가한 Iodine의 조성비에 따른 net charge를 측정하여 그래프로 그렸다. $9\text{V}/\mu\text{m}$ 의 인가전압에서 Iodine이 30ppm 첨가된 a-Se의 시편에서 가장 높은 net charge, 398.88pC/mR/cm^2 를 나타내었다. 그리고 그림5는 a-Se에 첨가한 Iodine의 조성비에 따른 photo charge를 측정하여 30msec 동안의 photo sensitivity를 알아볼 수 있었다. 두 그래프를 통해서 Iodine의 조성비가 증가할수록 net charge가 조금씩 감소되는 경향을 보

었다.

이로써 0.3%의 Arsenic에서 최적의 조성비를 보이는 Iodine의 조성비 특성과 전압과의 관계를 알아 볼 수 있었다.

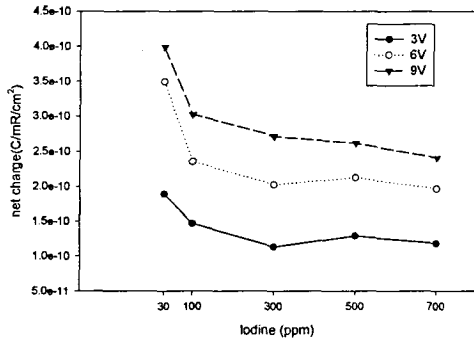


그림 4. Net Charge 그래프

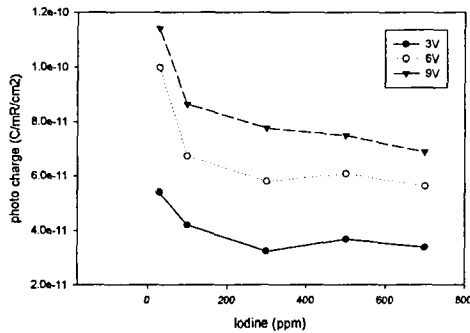


그림 5. Photo Charge 그래프

4. 결론

본 연구에서는 차세대 디지털 X선 영상검출기 개발을 위한 광도전층인 a-Se 에 As의 조성비를 0.3%로 고정된 후 Iodine의 조성비를 변화시키면서 발생되어지는 net charge 및 photo charge를 측정하였다. 제작된 시편에 대해 X선 검출특성을 조사한 결과 Iodine의 조성비가 증가할수록 net charge 및 photo charge의 감소현상을 찾을 수 있었다.

a-Se 기반에서 Iodine 조성비 변화에 따른 방사선 변환센서로서의 전기적신호량 분석은 차세대 평행판 디지털 X선 영상 검출기 개발을 위한 기초자료로 사용될 것으로 사료된다.

감사의 글

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

참고문헌

- [1] 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
- [2] Iodine and selenium deficiency associated with cretinism in northern Zaire
- [3] Kashin-Beck osteoarthropathy in rural Tibet in relation to selenium and iodine status.
- [4] Effect of selenium supplementation in hypothyroid subjects of an iodine and selenium deficient area: the possible danger of indiscriminate supplementation of iodine-deficient subjects with selenium
- [5] ANRAD Corporation. PT6,078,053, X-ray Image Erasure Method[5]
- [6] J.Phys.D Effect Of Combinational Doping On X-Ray Sensitivity Of a-Se Films. 1998.
- [7] W.Zhao, J. A. Rowlands. A large Area Solid-State Detector For Radiology Using Amorphous Selenium, SPIE Medical Imaging Iv 1992;Vol.1651:134
- [8] Thompson Ad, Kane Pj. Interlaboratory comparison of photographic modulation transfer function measurements. optical engineering, V 37 N.5, 1627-1632, 19980501
- [9] J.Yorkston, L.E.Antonuk, W.Huang. Photo Response Linearity Of a-Si:H imaging Pixels. Materials research society. 1993
- [10] John L. Donovan. X-ray sensitivity of selenium. Americal Institute of physics. April. 1974