

비정질 셀레늄의 박막 제조공정에 따른 미세구조와 IV특성

The X-ray Detection and morphology Characteristics on Evaporation Temperature of amorphous Selenium based digital X-ray detector

공현기^{*}, 차병열^{*}, 이규홍^{*}, 김재형^{**}, 남상희^{**}
H. G. Gong^{*}, B. Y. Cha^{*}, G. H. Lee^{*}, J. H. Kim^{**}, S. H. Nam^{**}

Abstract

Recently, due to its better photosensitivity in X-ray, the amorphous selenium based photoreceptor is used on digital direct method conversion material. Compared to other photoconductive material, amorphous selenium has good X-ray response characteristic and low leakage current. It has many parameters of detecting X-ray response on selenium. Among of them, it is well known that manufacture of a-Se is the most basic element.

In this paper, we fabricated two types of amorphous selenium sample which had time variable. The one was fabricated continuous deposition sample and the other was step by step sample. Thickness of sample was 300 μ m and top electrode was evaporated gold.

We investigated the leakage current and photo current of them and analysed their electrical characteristics. For analyzing morphology of samples, SEM and surface was pictured. We found that step by step deposition method could be applied for novel fabricating amorphous selenium film.

Key Words : amorphous selenium, photoconductor, continuous deposition

1. 서 론

필름을 사용하지 않고 평판 디지털 영상검출기를 통하여 직접 검출기를 통해 방사선 영상을 받아들이고 컴퓨터로 전송하여 처리하는 방식인 디지털 방사선 영상검출기의 개발이 진행되어져 왔다. 이러한 영상 검출기의 시스템은 직, 간접 방법으로 나누어진다. 직접변환방식은 조사된 X선을 전기적 신호로 변환, 영상신호로 검출하는 방식이며, 간접변환방식은 X선을 가시광선으로 변환한 후 다시 이를 가시광선에 민감한 소자를 이용하여 전기적 신호로 변환하여 화상을 구현하는 방법이다. 이 중 직접변환방식은 빛으로의 변환 과정이 없기 때문에 간접변환방식에 비해 높은 고유해상도를 가진다.[1] 본 연구에서는 a-Se를 사용한 직

접변환방식에 대해 논의하고자 한다.

직접변환방식 receptor로 쓰이는 광도전층의 요건으로는 대면적 증착이 용이해야 하며 비저항이 높아서 누설전류가 낮고 X선에 대한 전자-정공쌍(EHP)의 발생수가 많아서 신호대 잡음비(SNR)가 높아야 한다. 이러한 광도전성 물질에는 PbI₂, TiBr, Cd(Zn)Te등이 쓰이고 있다.[2]

그 중 a-Se은 다른 광전도성 물질에 비하여 누설전류가 적은 장점을 가지고 있으며 진공증착에 의한 비정질 상태의 대면적의 구현이 가능하다[3][4]는 장점을 가지고 있다. 이러한 a-Se은 제조공정에 따라 특성이 달라지는데 그 parameter로는 기판 온도, 시료 온도, 증착시간 등의 요인이 있다고 할 수 있다. 이러한 parameter 중 증착시간이 시편 구조나 전기적 특성에 영향을 미친다는 사실을 알

고 있지만, 이론적인 계산치로써 설명할 수 있는 방법이 현재까지는 없다. 본 연구에서는 a-Se의 박막 제조를 연속증착과 단계별 증착으로 다르게 진행하여 그 특성을 기존 연속증착과의 전기적, 물리적 특성을 비교, 연구함으로써 새로운 증착에 따른 가능성을 제안하고자 하는 것이다.

2. 실험

본 연구에 사용된 셀레늄은 Nippon Rare Metal 社の 시료로서 순도 99.999%(5N)이며, 미량의 Arsenic 0.3% 및 Chlorine 30ppm을 첨가하여 시편의 재결정화 방지 및 전자-정공의 이동을 극대화시키고자 하였다.

시편제작을 위해 이용된 증착기는 자체 설계 및 제작된 저항가열식(Resistive Thermal Evaporator) 진공증착기(표준진공 제작, 지름 1300 Φ)로써 Rotary pump와 Diffusion pump로 구성되어 있으며 증착시의 진공압력은 5×10^{-6} Torr에서 수행되었다. 시편 제작시 기관의 표면 상태는 그 위에 올려질 박막의 특성에 커다란 영향을 미치므로 기관의 표면 처리에 있어서는 무엇보다도 청결성이 중요하다. 본 연구에서는 a-Se 증착에 앞서 Sputtering법으로 ITO(Indium Tin Oxide)가 증착된 유리기관(corning glass, $2 \times 5 \text{cm}^2$)을 acetone, methanol 순으로 초음파 세척하여 D.I. water로 헹군 후 질소 gun으로 건조시켰다. 그림 1은 제작된 시편의 단면구조를 보여준다.

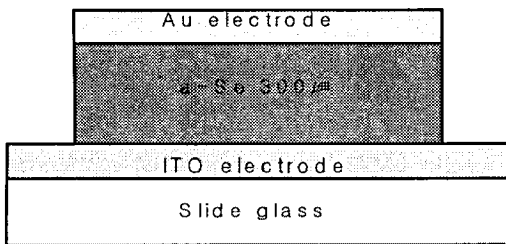


Fig. 1. The Schematic of fabricated sample

증착시간의 변화에 따른 a-Se 시편을 비교하기 위하여 동일한 시료온도에서 한쪽은 3'30"의 시간 동안 연속하여(Continuous deposition), 다른 한쪽

은 총 증착시간 5'30"중 중간 1시간씩 총 2시간동안 열을 가하지 않은 진공상태의 duration을 두어 (Step by step deposition) 실질적인 증착시간을 연속증착과 같이하여 동일한 두께(300 μm)와 면적(4 cm^2 (2cm \times 2cm))의 시편을 형성하였다. 전기적 특성 검출을 위해 고전압발생기(EG&G558H, USA)를 이용, 제작된 시편의 양단에 2V/ μm ~8V/ μm 의 전압을 2V/ μm 의 간격으로 가하고, X-ray의 조사조건은 65, 75, 85kVp로 서로 다른 조사선량으로 측정하였다. X선 발생기는 Shimadzu 社 TR-500-125 Radio-Texcx-s를 사용하였다. X선 민감도를 계산하기 위해 Oscilloscope를 통해 얻어진 전압값을 X선이 조사된 시간 영역에서 적분하고, 그 값을 사용된 저항치로 나누어 줌으로써 발생한 총 전하량을 계산할 수 있었다. 총 전하량(Q)과 전류(I)는 검출회로 구성에 의해 다음의 수식으로 계산하였다.[5]

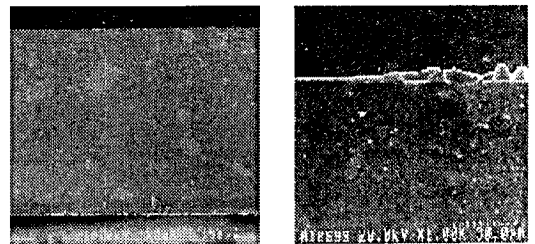
$$Q = \int Idt = \frac{2}{R} \int Vdt$$

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

전기적 특성은 각각의 조건에서 선별된 10개의 시편에서 측정된 값을 평균으로 구하였으며, 오차를 감안하여 표준편차를 산출하였다.

3. 결과 및 고찰

제작된 시편의 morphology를 분석하기 위하여 시편의 단면 SEM 사진을 획득하여 그림 2에, 표면에 발생하는 bubble 현상을 비교하기 위하여 표면 사진을 획득하여 그림 3에 나타내었다.



(a) 단계별 증착

(b) 연속 증착

Fig. 2. SEM image of Fabricated sample

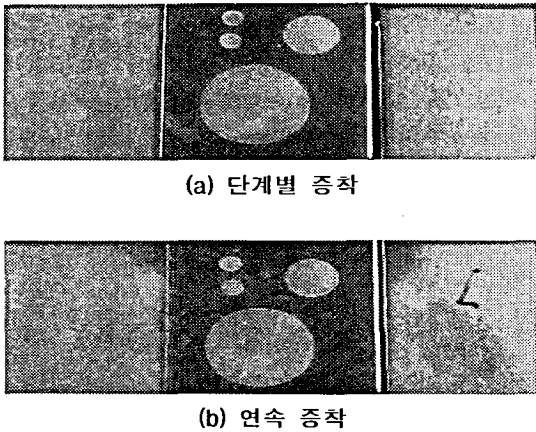


Fig. 3. Surface image of Fabricated sample

각 시편의 단면은 서로 많은 차이를 보이지 않았으며 이것은 시간의 duration을 두었다 하더라도 진공상태로 유지되었기 때문에 중간의 gap이 생기지 않은 것으로 사료된다. 관찰된 각 시편에 대한 표면은 연속 증착으로 얻어진 시편보다 단계별로 증착된 시편이 고열에 의해 발생하는 bubble 현상이 훨씬 적음을 확인할 수 있었다. 이는 열이 가해지지 않은 duration에 의해 기판온도가 낮아졌기 때문으로 생각되며 이러한 계속되는 기판의 고열에 의해 발생하는 bubble 현상에 의한 defect는 인가되는 고전장에 의한 셀레늄 층 파괴를 일으킬 수 있는 큰 요소이다. 이러한 현상을 본 연구에서 제안하는 단계별 증착법에서 줄임으로서 깨끗한 표면 형성 및 고전장에 의한 과탄을 예방하는 큰 요소라고 판단된다. 이는 셀레늄 층에 인가되는 고전장에 대한 새로운 대비책으로 사용되어질 수 있다고 사료된다.

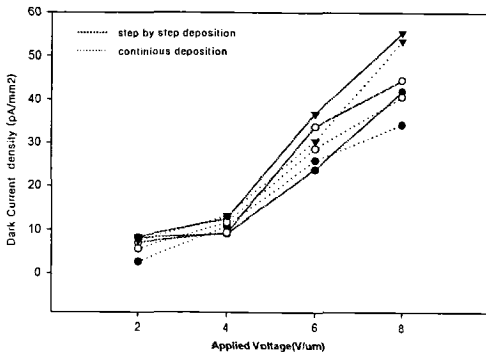


Fig. 4. Leakage current of each sample

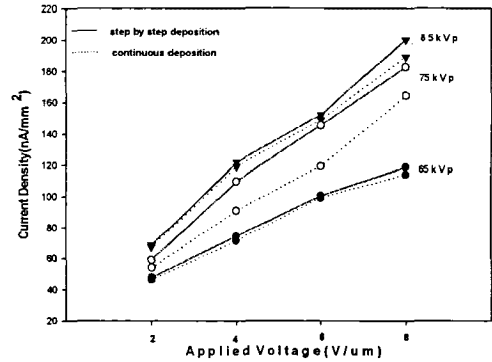


Fig. 5. Photo current of each sample

그림 4과 5는 각각 측정된 누설전류와 X선 감도를 나타낸다.

누설전류는 단계별 증착이 보다 높은 값을 나타내었으며 X선에 대한 감도 또한 단계별 증착이 보다 높은 값을 나타내었다. 이는 연속증착에서 기판의 고열에 의해 불안정한 deposition rate을 발생함으로써 생겨나는 Selenium bulk내의 전하 trap에 의한 결과라 사료된다.

4. 결 론

기존 디지털 X-ray 영상검출기 receptor로 쓰이는 a-Se을 열진공증착법에 의해 형성하였다. 시편은 연속증착된 시편과 중간 1시간씩의 duration을 두어 단계별 증착된 시편으로 각각 도포되었다. 제작된 시편의 전기적 특성검출을 통하여 연속공정과 비슷한 결과값을 도출해 낼 수 있었으며 SEM 및 표면사진 검사를 통하여 단면층과 bubble을 관찰하였으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 연속증착보다 단계별 증착에서 다소 높은 X선 감도를 얻을 수 있었으나 누설전류도 다소 높았다.
2. SEM 측정결과 연속증착보다 bubble 및 defect가 없는 깨끗한 단면을 단계별 증착에서 관찰 가능하였으며 이는 진공상태에서 높은 기판온도에 의한 영향을 덜 받은 결과로 사료된다.

3. 표면 검사결과 단계별 증착이 기판 고온에 의한 bubble 현상이 많이 감소된 것을 볼 수 있었다. 이는 고전장에 의한 a-Se층 파단을 사전에 방지할 수 있는 새로운 증착방법으로 적용 가능하다고 판단되며,

4. 본 연구의 결과 및 방법은 향후 우수한 성능의 디지털 방사선 검출기를 개발하는 데 있어서 제작 공정상의 기초 자료로 많은 활용을 할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

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

참고 문헌

- [1] W. Que, and J. A. Rowlands, X-ray Imaging using Amorphous Selenium : Inherent Spatial Resolution, Med. Phys. 1995 : 365~373
- [2] Ben G. Streetman, Solid State Electronic Devices Third ed. New Jersey, Prentice-Hall, 1990 : 135~207
- [3] W.Zhao, J.A.Rowlands, A large area solid-state detector for radiology using armophous selenium. SPIE, Phys. Med. Imaging IV 1992, 1651 : 134
- [4] Patrick J. Papin, et al, Sensitivity characterics of prototype selenium plate detection system for digital radiographic imaging, SPIE 1985, 535