

# 디지털 X-선 변환물질을 위한 비소(As) 첨가 비정질 셀레늄(a-Se) 박막의 수송현상

박창희, 김재형\*

동아대학교의료원, \*인제대학교

## Transport phenomena of a-Se:As thin film for digital X-ray Conversion Material

Chang Hee Park, Jae Hyung Kim\*

Dong-A University Medical Center, \*Inje University

**Abstract :** The transport phenomena of arsenic (As) doped amorphous selenium(a-Se:As) thin film for digital X-ray conversion material has been reported. The effect of As addition on the carrier mobility and recombination lifetime in a-Se:As sample has been measured using the moving photo-carrier grating (MPG) technique. An increase in hole mobility and recombination was observed when 0.3% arsenic was added into a-Se sample, whereas electron mobility decrease with arsenic addition due to the defect density. The fabricated a-Se:0.3% As device exhibited the highest X-ray sensitivity.

**Key Words :** digital X-ray detector, amorphous selenium(a-Se), carrier mobility, recombination time, X-ray sensitivity

### 1. 서 론

최근 비정질 셀레늄은 평판형 X-선 영상 검출기에서 광도전 물질로 사용되고 있다. 현재 광도전 물질로 사용되는 비정질 셀레늄 박막은 순수한 물질이 아니고 비소(As)가 0.2-0.5% 그리고 염소(Cl)가 10-20 ppm 첨가 되는 안정화 비정질 셀레늄이다. 비정질 상태의 열적 안정성을 증가시키기 위하여 비정질 셀레늄에 소량의 비소를 첨가한다. 그러나 비소 첨가는 비정질 셀레늄에 불필요한 정공 포획을 만드는 것으로 알려져 있다.

Moving photo-carrier grating (MPG) 기술은 반도체에서 전자와 정공의 전하 이동도와 재결합 수명을 결정할 수 있다. 비정질 셀레늄에서 전자와 정공의 수송현상을 여러 연구자들에 의해 수행되어 왔지만, 평판형 X-선 검출기에 사용되는 비정질 셀레늄 박막에서 여러 조성비의 As에 대해서 전자와 정공의 이동도, 그리고 재결합 수명에 대한 연구는 분명하지 않다. 본 연구에서는 측정된 시편과 같은 조건으로 X-선 측정 소자를 제작하여 누설전류와 광전류를 측정하여 X-선 민감도를 구하였다.

### 2. 실험

MPG 측정을 위한 실험 장치는 그림 1과 같다. 레이저 빔이 시료의 표면에서 각  $\delta$  로 분리된다. 이리하여 공간 주기  $\Lambda = \lambda / [2 \sin(\delta/2)]$  인 intensity grating이 만들어진다. 누설전류의 측정은 비정질 셀레늄 층 양단의 상하부 전극에 10 V/ $\mu\text{m}$ 의 전기장을 인가한 후, 암 상태에서 셀레늄 내에서 미소하게 흐르는 누설전류를 측정하였다. X-선 변환물질의 X-선 민감도의 측정은 암 전류 대 광전류의 비로써 표현할 수 있다. 광전류의 측정의 구성은 기본적으로 누설전류의 측정과 비슷한 구조를 가진다. 먼저 셀레늄 시편의 양단에 DC 5kV의 고전장을 인가한 후, X-선을 조사한 다음 Current Amplifier의 출력 단자를 오실로스코프의

입력으로 하여 데이터를 수집하였다. 그림 2는 각각 암 전류 측정 및 광전류 측정 장치의 개략도이다.

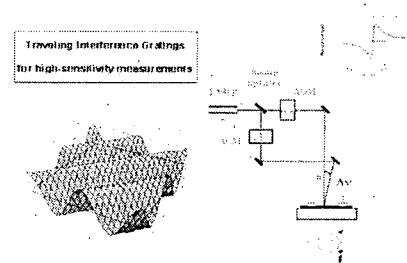


그림 1. MPG 측정 장치의 개략도.

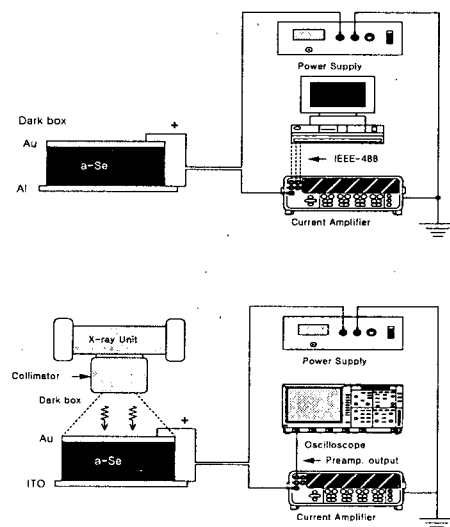


그림 2. 누설전류(위)와 광전류(아래) 측정 장치.

### 3. 결과 및 검토

$v_{gr}$ 의 함수로 비정질 셀레늄에 대한 전류밀도를 그림 3에 나타내었다.  $v_{gr} = 0$ 일 때 전류밀도는 0이고

$v_{gr}$ 이 작을 때 선형적으로 감소하나 최소 전류밀도를 지나서 전류밀도는 계속 증가한다. As가 첨가된 비정질 셀레늄은 비정질 실리콘에서 측정되는 MPG커브와는 다른 거동을 보이고 있다 [1]. 이것은 비정질 실리콘에서 주된 전하운반자는 전자인 반면, 비정질 셀레늄에서 주된 이동 전하는 정공이기 때문이다.

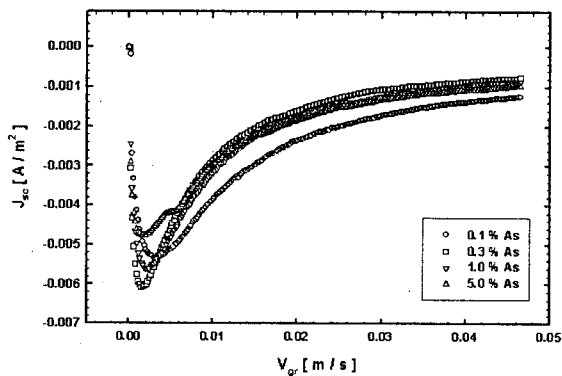


그림 3.  $v_{gr}$ 의 함수로 나타낸 전류밀도.

전자 이동도  $\mu_n$ 과 정공 이동도  $\mu_p$ 는 측정된 short circuit 전류를 Haken 등이 구한 이론적인 식에 fitting 하여 구하였다 [2]:

$$j_{sc}(k, v_{gr}) = \frac{C_1 v_{gr}}{C_2 + C_3 v_{gr}^2 + C_4 v_{gr}^4}$$

그림 4는 전자와 정공 이동도를 As 첨가에 대한 함수로 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 As를 첨가할 때 이동도는 감소하는 반면, As를 0.3% 첨가할 때 정공 이동도가 증가함을 알 수 있다.

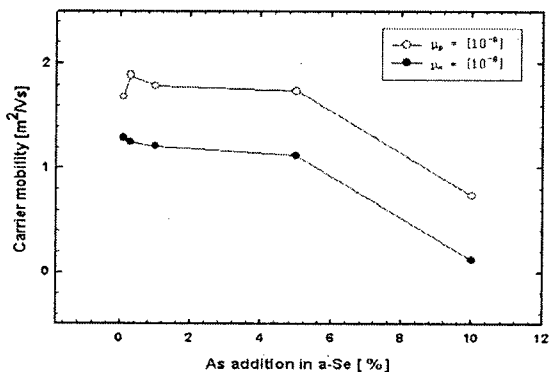


그림 4. As 첨가에 따른 전자와 정공의 이동도.

비정질 셀레늄에서 As 첨가에 따른 재결합 수명은 그림 5에 나타내었다. As가 0.3% 첨가될 때 재결합 수명이 증가하였으며 As를 1%이상 첨가 할 때 재결합 수명은 다시 증가하고 있다. 즉, 비정질 셀레늄에서 As를 0.3%까지

첨가할 때는 시편의 전기 전도성을 증가시키는 반면, 더 이상 첨가하면 불필요한 정공 포획을 유도하고 있다.

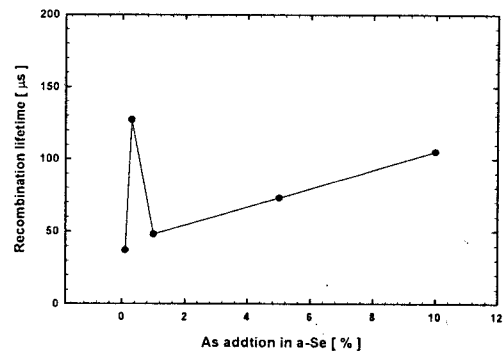


그림 5. As 첨가에 따른 재결합 수명.

그림 6은 인가한 전기장에 대한 X-선 민감도를 나타낸 것이다. 전기장을  $2 \text{ V}/\mu\text{m}$ 에서  $10 \text{ V}/\mu\text{m}$ 으로 증가시킬 때 X-선 민감도는 증가한다. X-선 민감도는 As를 0.3% 첨가할 때  $170 \text{ pC}/\text{mR}/\text{cm}^2$ 으로 가장 큰 값을 보이고 있다. 비정질 셀레늄에 As가 0.3% 첨가된 구조가 X-선 조사에 의해 생성된 전자-정공 쌍의 재결합에 영향을 주어서 생성된 전하 수집에 가장 효율적인 것으로 보인다.

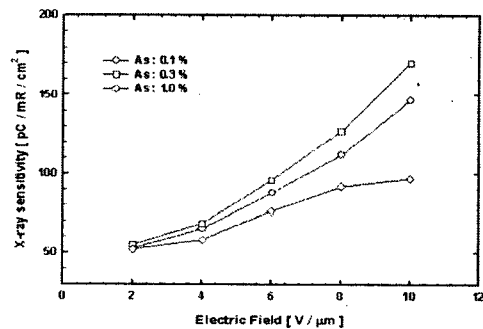


그림 6. 인가한 전기장에 대한 X-선 민감도.

#### 4. 결론

본 연구에서는 비정질 셀레늄에 As를 첨가하여 전하운반자의 이동도와 재결합 수명을 조사하였다. As를 0.3% 첨가한 시편이 가장 우수한 수송 특성을 나타내었다. 조사한 조성비로 X-선 검출 소자를 제작하여 X-선에 민감도를 측정하였는데 As를 0.3% 첨가한 경우 우수한 X-선 반응 특성을 나타내었다. 이러한 결과를 측정된 수송현상과 관련하여 설명하였다.

#### 참고 문헌

- [1] J. A. Schmidt, M. Haudhausen and L. Ley, Physical Review B, Vol 64, p. 104201, 2001.
- [2] U. Haken, M. Haudhausen and L. Ley. Physical Review B. Vol 51, No. 16, p. 10579, 1995.