

간섭과 회절 모델을 고려한 비정질 셀레늄(a-Se) 시뮬레이션

김시형* · 송광섭**

*금오공과대학교 전자공학부

**금오공과대학교 메디컬IT융합 공학과

Simulation of amorphous selenium considering diffraction and interference models

Si-hyung Kim* · Kwang-soup Song**

*School of Electronic Engineering, Kumoh National Institute of Technology

**Medical IT Convergence Engineering, Kumoh National Institute of Technology

E-mail : kssong10@kumoh.ac.kr

요 약

방사선 진단 목적으로 디지털 X-ray 영상 디텍터는 널리 사용 되고 있다. 비정질 셀레늄(amorphous selenium, a-Se)은 직접 방식 디텍터의 광전도체(photoconductor)를 구성하는 주요 재질 중 하나로 많은 관심을 받고 있다. 본 연구는 2차원 디바이스 시뮬레이터를 사용하여 파란색 빛을(파장=486 nm) 조사한 상태에서 고전압(High voltage, HV)을 인가하여 비정질 셀레늄 광전류 크기를 분석 하였다. 또한 비정질 셀레늄 내부의 전자-정공 생성 율, 전자-정공 재결합 율, 전자/정공의 농도 분포도에 추가로 분석한 연구 결과이다. 본 시뮬레이션 방법은 직접방식 디지털 X-ray 영상 디텍터 분석에 있어서 유용한 방법으로 향후 디지털 방사선 영상 디텍터 개발에 많이 응용될 것으로 예상된다.

ABSTRACT

Digital X-ray image detector is widely used for radiodiagnosis. Amorphous selenium has been received attention as one of the major material that confirmed photoconductor of direct method detector. We analysis the photocurrent using 2-dimensional device simulator when blue-ray ($\lambda=486$ nm) is irradiated and high voltage is biased. We evaluate electron-hole generation rate, electron-hole recombination rate, and electron/hole distribution in the amorphous selenium. This simulation method is helpful to the analysis of digital X-ray image detector. We expect that many applications will be developed in digital X-ray image detector using 2-dimensional device simulator.

키워드

X-선 디텍터, 비정질 셀레늄, 2차원 디바이스 시뮬레이터

1. 서 론

필름/스크린은(film/screen) 환자를 투과하여 나오는 X-선의 형태를 획득하기 위한 방식으로 사용되었다. 그러나 최근에는 디지털 방사선 촬영 방식(digital radiography, DR)이 널리 사용 되고 있으며 디지털 방사선 촬영 방식은 간접 방식과 직접 방식 디텍터로 나누어진다.[1] 간접 방식은 X-선을 형광체 층(scintillator layer)에서 가시광선으로 변환되고 가시광선은 포토다이오드(photodiode)에서 전자-정공 쌍(electron-hole

pair)을 발생한다. X-선에 의해 생성된 전자-정공 쌍은 영상 시스템의 리드아웃(read out) 회로에서 디지털 신호를 구현한다. 직접 방식은 X-선을 포토컨덕터 층(photoconductor layer)에서 직접적으로 전자-정공 쌍이 발생된다. 생성된 전자-정공 쌍은 간접 방식 디텍터와 마찬가지로 리드아웃 회로를 통해 디지털 신호를 구현한다.[2,3] 직접 방식 디텍터의 포토컨덕터 재질로 비정질 셀레늄(amorphous selenium, a-Se)이 널리 사용되고 있으며 비정질 셀레늄은 HgI_2 , PbI_2 , $CdTe$, $CdZnTe$ 등의 재질들과는 다르게 중금속을 포함하

지 않고 X-선에 의한 구조적 데미지의 저항력이 높으며 대면적에 대한 장점을 가지고 있다[4] 비정질 셀레늄을 분석한 결과로 지금까지 발표된 많은 연구 결과들은 실험을 근거로 한 분석 방법이 널리 사용되어 왔다[5] 그 외 보조수단으로 시뮬레이션을 이용한 분석 결과들은 고전압이 인가된 상태에서 비정질 셀레늄 내부의 전계 분포도 및 등전위차에 국한된 시뮬레이션 연구결과들을 발표하고 있다.[6,7] 본 연구에서는 전자 방사선 조사에 따른 비정질 셀레늄 내부에서 일어나는 전자-정공 생성율(electron-hole pair generation rate), 전자-정공 분포도(electron-hole concentration), 전자-정공 재결합율(electron-hole recombination rate) 및 광전류(photocurrent), 누설전류(dark current) 등 비정질 셀레늄 내부 현상을 2차원 시뮬레이터를 사용하여 분석하였다

II. 본 론

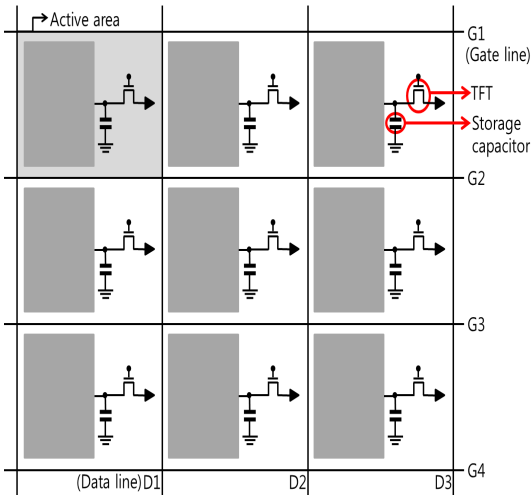


그림 1. 디지털 X-선 영상 획득 시스템의 TFT (thin-film-transistors) active matrix array 구성

그림 1. 에서는 직접 방식 X-선 영상 디텍터의 픽셀 구성을 나타내고 있으며, 본 연구에서는 단일 픽셀에 대한 시뮬레이션을 수행 하였다 단일 픽셀 구조에서 상판 바이어스 전극에 고전압(high voltage, HV)을 인가한 후 전자 방사선을 조사하면 포토 컨덕터 내부에 전자-정공 쌍이 발생한다. 전자 방사선에 의해 생성된 전자정공 쌍은 전극에 가해진 고전압에 의해 분리되고 분리된 전하는 각 픽셀에 저장 된다. TFT가 ON이 되면 저장되었던 전하가 데이터 라인을 통해 리드아웃 회로로 전달되어 단일 픽셀 영상을 구현 하게 된다 비정질 셀레늄의 실험 평가를 위해 전자 방사선의 종류로는 레이저 UV 또는 파란색 계열의

가시광선을 주로 이용 하고 있다[8] 따라서 우리는 비정질 셀레늄이 가시광선 중 가장 민감한 파란색 광원을 이용하여 시뮬레이션을 수행 하였다

III. 시뮬레이션 구조

시뮬레이션을 위해 설정한 픽셀 1개의 구조는 비정질 셀레늄 두께 500 μm , 폭 200 μm , 상판 ITO 전극 두께 0.3 μm , 폭 200 μm 을 사용 하였다. 하판 전극의 경우 일반적인 직접 방식 디텍터의 필팩터(fill factor)가 80%인 점을 고려한 40 μm 의 TFT 공간을 절연층으로 대체 하였다.

본 연구에서 사용된 2차원 소자 시뮬레이터(ATLAS)는 보간법을 바탕으로 디바이스를 해석 한다. 따라서 시뮬레이터를 이용하여 단일픽셀 내부를 약 2만 여개의 삼각형으로 분할하였다. 메쉬에 의해 나누어진 삼각형의 개수가 너무 많은 경우에는 시뮬레이션을 수행함에 있어서 많은 시간이 요구되고 개수가 너무 적은 경우에는 시뮬레이션의 속도는 향상되지만 신뢰성에 문제점이 있다. 또한, 둔각 삼각형이 포함된 메쉬를 설정하는 경우에는 시뮬레이터가 계산적 오차를 범할 수 있기 때문에 직각 혹은 정삼각형 모양의 메쉬를 설정 하여 시뮬레이션을 수행 하였다.

IV. 시뮬레이션 결과

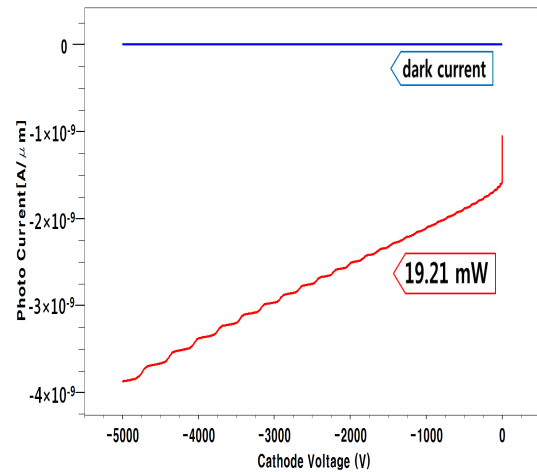


그림 2. 광원(파장 468 nm, 강도19.21 mW)조사에 따른 비정질 셀레늄 광전류 크기 및 누설전류

음전극에 인가된 전압이 -100 V 경우 비정질 셀레늄 내부에 형성되는 전계의 최대 크기는 0.5 V/ μm 이다. 이와 다르게 음전극에 -5000 V 인가된 경우에는 최대 전계크기는 6.5 V/ μm 이다. 또한, 가장 큰 전계의 크기는 TFT 방향의 anode 전극 가장자리 지점에서 가장 높은 전계가 형성 된다

조사되는 광원에 의한 시뮬레이션 결과를 그림 2.에서 그래프로 나타내고 있다 비정질 셀레늄 상판 음전극에 전압을 0 V에서 -5000 V까지 순차적인 증가 시키면서 음전극에 흐르는 정공 전류 크기를 보여준다.

그림 2.에서 위쪽 선은 누설전류로써 빛을 조사 하지 않고 고전압에 의해 흐르는 누설 전류에 관한 시뮬레이션으로 -5000 V에서 -1×10^{-17} A/ μm 이다. 이 값은 일반적인 비정질 셀레늄의 누설 전류 보다 작은 값으로 시뮬레이션 조건을 설정할 때 비정질 셀레늄 내부에 불규칙 적으로 존재하는 결정 결함(defect)을 설정 하지 않았기 때문으로 판단된다. 아래쪽 선은 광원의 세기가 19.21 mW인 경우이다. -5000 V에 가까워질수록 더욱 큰 광전류의 크기를 보이는 이유는 전계의 크기가 전압 상승에 따라서 강해지면서 정공이 재결합되어 소멸되지 않고 상판전극으로 이동하기 때문이다.

V. 결 론

본 연구에서 우리는 직접 방식 디텍터의 단일 픽셀에 대하여 시뮬레이션을 진행 하였다 실험에 만 의존 하여 진행 하던 비정질 셀레늄 개발은 많은 시간적, 인적 및 물적 자원을 소비 하게 되지만 시뮬레이션을 통해 실험의 오차를 줄인다면 많은 자원의 소모를 감소 할 수 있을 것이다 또한, 디바이스 내부에서 발생하는 물리적 현상을 고려하여 좀 더 심화된 연구 개발을 진행 할 수 있을 것이라 생각된다. 추후에는 온도 모델들을 추가한 디바이스 해석을 진행할 예정이다

참고문헌

- [1]A.R. Cowen, "Digital X-Ray Imaging," Meas Sci Technol., Vol. 2, pp. 691~707, 1991.
- [2]S.O. Kasap, John Rowlands, B. Fogal, M. Zahangir Kabir, G. Belev, N. Sidhu, Brad Polischuk, Robert E. Johanson, "Progress in the science and technology of direct conversion a-Se X-ray sensors", Journal of Non-Crystalline Solids, 299-302, 988-992, 2002
- [3]S.O. Kasap, John Rowlands, B. Fogal, M. Zahangir Kabir, G. Belev, N. Sidhu, Brad Polischuk, Robert E. Johanson, "Progress in the science and technology of direct conversion a-Se X-ray sensors", Journal of Non-Crystalline Solids, 299-302, 988-992, 2002
- [4]Martin Hoheisel, Lothar B'atz, "Requirements on amorphous semiconductors for medical X-ray detector", Thin Solid Films, 383, 130-136, 2001
- [5]G. Belev, S.O. Kasap, "Amorphous selenium as X-ray photoconductor", Journal of Non-Crystalline Solids, 345&346, 484-488, 2004
- [6]Shiva Abbaszadeh, Nicholas Allec, Kai Wang, Karim S. Karim, "Low Dark-Current Lateral Amorphous-Selenium Metal - Semiconductor - Metal Photodetector", IEEE ELECTRON DEVICE LETTERS, 32, 1263-1265, 2011
- [7]Ho Kyung Kim, Min Kook Cho, Seong Kyu Ahn, Gyu seong Cho and Hyo sung Cho, "Electrical Investigation of LIGA-Processed Gas Electron Multipliers", Journal of the Korean Physical Society, 48, 40-46, 2006
- [8]Kai Wang, Feng Chen, Nicholas Allec and Karim S., "Fast Lateral Amorphous - Selenium Metal-Semiconductor-Metal Photodetector with High Blue-to-Ultraviolet Responsivity", IEEE, 57, 8, 1953-1958, 2010