

a-Se을 이용한 디지털 X-선 검출기의 Discharge Erasing Method에 관한 연구

이동길, 박지균, 최장용, 강상식, 남상희*
인제대학교 의생명공학대학 의용공학과, 인제대학교 의료영상연구소*

Study of Discharge Erasing Method of a-Se based Digital X-ray Detector

Dong-Gil Lee, Ji-Koon Park, Jang-Yong Choi, Sang-Sik Kang and Sang-Hee Nam*
Department of Biomedical Engineering, College of Biomedical Science and Engineering, Inje University
Medical Imaging Research Center of Inje University*

Abstract

Many research group started study to develop x-ray detector using thin film transistor from 1970. But realization of TFT based x-ray detector development was caused by progress of thin film transistor liquid crystal display(TFTLCD) device technology in 1990. The main current of TFT technology is display device. Research results expand TFT technology field from display device to sensor manufacture technology. These days many research group in the world realize various digital x-ray detector. In this study, We compare discharge erasing method to visible light erasing method in a-Se based digital x-ray detector. Visible light erasing method is known reset process in direct conversion x-ray detector. Digital x-ray detector using visible light erasing method is not adaptive for conventional x-ray device, because of its thickness. And it is not available for real-time imaging for digital fluoroscopy, because of its long reset time. In this study we overcome these limitations and show new idea for real-time imaging method.

Key Words : Discharge, Erasing Method, Flat-Panel X-ray Detector, Digital Radiography, a-Se

1. 서 론

본 연구의 목적은 a-Se을 이용한 디지털 엑스선 검출기의 엑스선 반복 조사에 대한 반응 특성을 이해하고 동영상 시스템 구현을 위한 잔상효과(lag effect) 제거의 새로운 방법을 제시하는 것이다. a-Se은 이미 20년 전부터 xeroradiography에 적용되어 x-ray image receptor로 이용되어왔다. 이후 디지털 영상구현을 위한 노력으로 CR(computed radiography) system이 개발되어 영상의 빠른 획득이 가능해졌으며 영상 수집을 위한 다양한 laser

scanning 방법의 개발로 고해상도 영상을 구현하였다. 최근 이러한 두 가지 기술을 접목하고 active matrix TFT array 기술을 이용한 평판형 엑스선 검출기가 개발되어 활발히 연구 중이다. 평판형 엑스선 검출기는 기존의 cassette 크기 정도의 시스템으로 구현할 수 있어서 종래의 엑스선 발생 장치와의 우수한 호환성을 가지며, 수 초 이내의 빠른 readout, 우수한 양자효율(DQE)로 차세대 엑스선 검출기로 각광받고 있다.

이러한 평판형 엑스선 검출기는 일반촬영 뿐만 아니라 fluoroscopy나 mammography로 적용하기 위한 시도들은 되고 있으나 새로운 image

modality로의 적용을 위한 에너지 변환 단계의 일시적인 물리적 특성에 대한 연구는 그 발전을 따르지 못하고 있다. 지금까지 보고된 문헌에는 scintillator와 photo diode로 구성된 간접변환방식의 평판형 엑스선 검출기의 경우 photo diode에서의 charge trap 현상과 active matrix TFT array의 특성으로 인해 image lag가 발생하며, a-Se 기반의 직접변환방식 평판형 엑스선 검출기의 경우 a-Se layer와 dielectric layer 사이의 interface 면에서 생기는 charge trap 현상과 active matrix TFT array의 특성이 image lag에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다.

이전의 노출에 의한 잔류신호 영향을 image lag라고 하며 이러한 영향은 반복 조사된 영상에서 횡수를 증가할수록 영상이 어두워지는(dark image) 경향을 보인다. 또한 불안정한 readout이 발생할 경우, 이전의 영상과 이후의 영상이 겹쳐서 획득된다. a-Se layer에서는 전자와 정공의 trap이 존재하는데 이러한 trap된 상태의 밀도는 valance band energy $E_v=0.9\text{eV}$ 이상과 conduction band edge $E_c=1.2\text{eV}$ 사이에서 발견된다. 또한 charge trapping은 a-Se layer의 interface에서 발생하게 되는데 이것은 검출기 구조에서 보여주듯 전자가 절연체를 향하여 이동하는 것은 a-Se layer의 전기장을 줄이는 역할을 하게 되므로 구조적으로 TFT를 보호할 수 있지만 X-ray sensitivity를 고려하면 X-ray에 대한 a-Se layer의 sensitivity를 떨어뜨리게 된다. 따라서, 연속적인 X-ray 조사 직전에 sensitivity를 일정하게 유지하기 위해서는 trap된 전자들을 전체적으로 reset하여 전처리하는 과정을 요구한다.

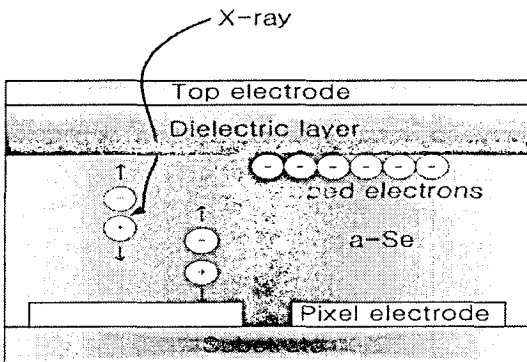


그림 1. 디지털 X선 검출기의 구조.

현재 이러한 전처리 과정에 이용되는 방법으로는 EL 물질로 구성된 평판형 light를 이용하여 검출기에 수 초 동안 조사하는 방법(visible light erasing method)이 수행되고 있다. 평판형 light는 일반적으로 TFT display 장치의 backlight를 검출기의 양면에 부착하여 사용하고 있는데 이러한 시스템은 backlight의 두께로 인한 전체 검출기 두께의 증가로 기존의 X-ray 발생장치와의 결합부분과 호환성있게 시스템을 제작하는데 어려움을 주고 있으며, 특히 수 초에 이르는 긴 전처리 시간으로 인한 연속 영상 획득에 제약을 주고 있다. 본 연구는 이러한 디지털 방사선 검출기의 전처리 과정에서 이용되고 있는 visible light erasing method가 아닌 새로운 discharge erasing method의 가능성에 관한 것으로써 현재 이용되고 있는 긴 전처리 과정의 시간을 획기적으로 줄이고, 일반촬영 뿐만 아니라 연속적 영상 획득의 동영상 시스템으로 접근하기 위한 새로운 erasing method를 구현하는 것이다.

2. 실험

2.1 실험장치

본 연구에서 이용한 TFT substrate는 thin film active matrix liquid crystal display 기술로 제작되었으며, 1536×1280 resolution을 가진 $139\mu\text{m}^2$ 의 pixel size로 제작되었다. X-ray 변환 물질로는 a-Se를 열 진공 증착법에 의해 $500\mu\text{m}$ 두께로 코팅하였으며 특별히 고전압 방지 및 TFT substrate 보호를 위해 dielectric layer를 박막 코팅하였다. Image 면의 균일한 전장을 인가하기 위해 Au를 TFT active area 만큼 열 진공 증착하였다. 각 pixel은 신호량 증가를 위해 charge collection electrode를 mushroom head 구조로 제작되었으며, 기하학적인 fill factor(개구율)는 86%이다. 이렇게 제작된 panel을 readout 하기위하여 TFT의 한 면을 gate driver로 각 line(1280)을 scanning하고, 다른 한 면(1536)을 이용하여 각 pixel의 신호를 수집하여 영상을 획득하였다.

영상을 획득하기 위한 electronics는 차동증폭기, ADC, memory로 구성하였으며 원활한 신호전달을 위해 sync 신호를 포함한 digital video signal을 RS-422 전송 방식을 통해 컴퓨터의 frame

grabber로 전송하였다. 본 시스템에서 frame grabber는 Data Translation-3157을 이용하였다.

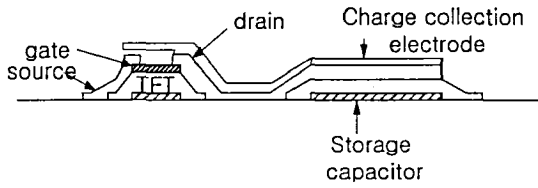


그림 2. 각 pixel의 구조.

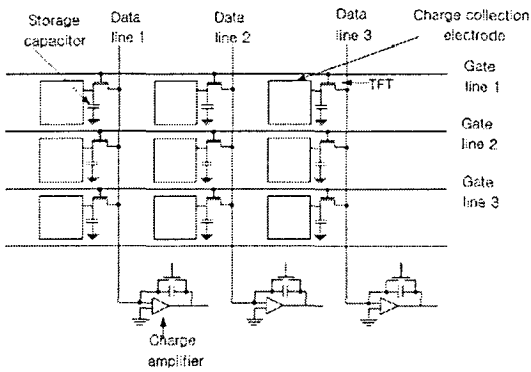


그림 3. TFT substrate의 구조.

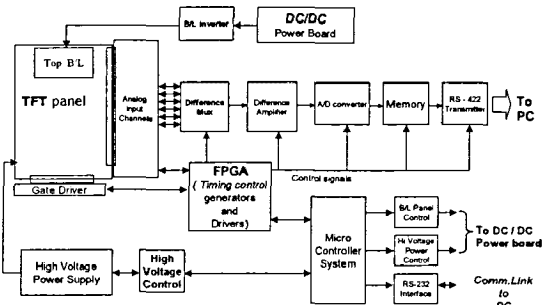


그림 4. Readout electronics block diagram.

2.2 실험방법

기존의 초기화 방법인 visible light erasing method와 새롭게 제안한 discharge erasing method를 비교하기 위하여 정상인을 대상으로 hand image를 획득하였다. X-ray 조사 조건은 80kVp, 8mAs였으며, 영상을 획득하는데 이용한 검출기에는 2000V를 인가하였다.

먼저 visible light erasing method를 이용하여, 기존의 영상 획득 방법으로 영상 획득 후, 3초간

초기화 과정을 거친 후 곧바로 다음 영상을 획득하였다. 다음으로는 첫 번째 영상 획득후 새롭게 제안된 discharge erasing method를 이용하여 top electrode와 TFT의 ground를 3초간 쇼트시킨 후 곧바로 다음 영상을 획득하였다.

전체 1536×1280의 image를 획득하고 display 하는데 1.9초가 소모되었으며, 획득한 영상은 image processing 과정 없이 raw image로 화질을 비교하였다.

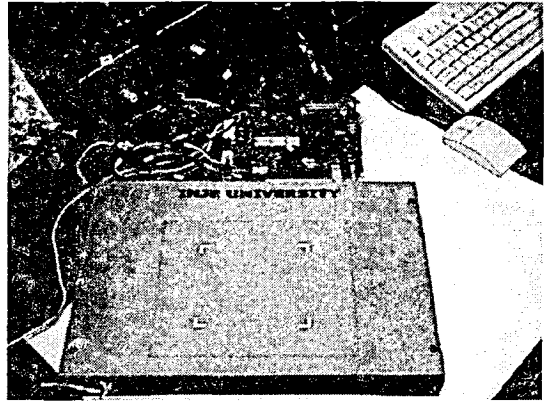


그림 5. 실험에 이용한 디지털 X선 검출기 시스템.

3. 결과 및 고찰

위의 방법으로 X-ray hand image를 획득하였다. 그림 6은 최초 획득 영상이며, 그림 7은 기존의 초기화 방식으로 3초간 초기화 과정을 거친 후 곧바로 획득한 영상이다. 그림 8은 본 연구에서 제안한 3초간 top electrode와 TFT panel의 ground를 쇼트시킨 이후 획득한 영상이다.



그림 6. 디지털 X선 검출기의 최초 획득영상.



그림 7. 기존의 초기화 방식 이후 연속 획득영상.

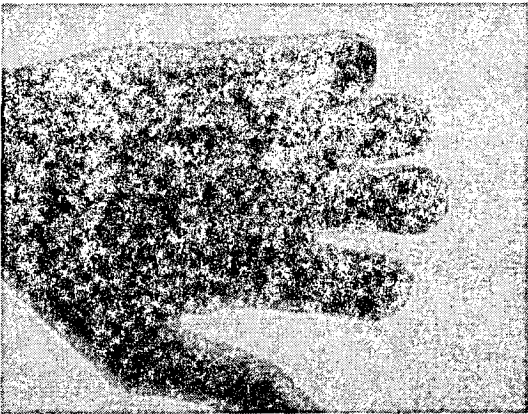


그림 8. Discharge erasing method 이후 획득영상.

그림 7과 그림 8에서 확인할 수 있듯이 기존의 초기화 과정에서 본 연구에서 제안하는 discharge erasing method가 image lag를 줄이는데 효과적임을 알 수 있었다. 보다 빠른 연속 영상 획득을 위해서는 이러한 discharge erasing method의 쇼트 시간에 따른 lag 제거 효과를 최적화할 수 있는 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

4. 결 론

a-Se을 이용한 직접변환방식 디지털 X선 검출기는 연속적인 영상 획득 시 selenium bulk 내부와 검출기 구조의 경계면에서 발생하는 전하의 trap 현상으로 인한 lag effect가 발생하며 이것은 이후의 획득 영상에서 잔상을 남기거나 전체적으로 영상이 어두워지는 영향을 미친다. 이러한 lag effect를 제거하기 위하여 본 연구에서는 top

electrode와 TFT의 ground를 쇼트시켜 trap된 전하를 제거하는 새로운 초기화 방법인 discharge erasing method를 제안하였으며, 이러한 초기화 방법은 빠른 시간에 검출기를 초기화 할 수 있으며, 본 연구를 통해 직접변환방식 디지털 X선 검출기로 보다 빠른 영상 획득이 가능함을 밝혀내었다. 이러한 연구는 향후 Digital Fluoroscopy 구현의 새로운 대안이 될 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 국가지정연구실사업(ID:M1-0104-00-0149)의 지원으로 이루어졌습니다.

참고 문헌

- [1] W. Que, And J. A. Rowlands. X-Ray Imaging Using Amorphous Selenium: Inherent Spatial Resolution, Med. Phys. 1995:365-373
- [2] S.O. Kasap, J.A. Rowlands, Proc. of the 9th International School on Condensed Matter Physics. Varna, September 1996
- [3] S.O. Kasap, in: A. Diamond(Ed.), The Handbook of Imaging Materials, Chap. 8, Marcel Dekker, New York, 1991.
- [4] R.E. Johanson, S.O.Kasap, "Metallic electrical contacts to stabilized amorphous selenium for use in X-ray image detectors", Journal of Non-Crystalline Solids 227-230, 1998
- [5] W. Zhao., James. Law, D. Waechter, Z. Huang, And J. A. Rowlands. Digital Radiology Using Active Matrix Readout Of Amorphous Selenium : Detectors With High Voltage Protection, Med.Phys. 1998:25/4:539