

Liquid crystal modulator를 이용한 엑스선 검출기에 관한 연구

허승욱*, 조성호*, 김윤석*, 김영빈*, 남상희*, 박지군**

인제대학교 방사선영상연구실*, 한국국제대학교 방사선학과**

Study for X-ray detector using liquid crystal modulator

Seunguk Heo*, Sungho Cho*, Yoonseok Kim*, Youngbin Kim*, Sanghee Nam*, Jigoon Park**

Radiation Image Laboratory, Inje University, Radiological Science, International Univ., of Korea ***

요 약

디지털 방사선 검출기의 주된 연구동향은 영상의 해상도 향상, 대면적화, 동영상 구현 등... 이라 할 수 있다. 이런 연구는 방사선 변환과정에 따라 크게 직접변환 방식과 간접 변환 방식으로 나눌 수 있으며 각각 고유한 장단점을 내포하고 있다. 간접변환 방식의 경우 형광체의 사용으로 인한 Light scattering 문제로 해상력의 저하 그리고 직접방식의 경우는 낮은 system 안정성과 동영상 구현의 어려움 등이 대표적이라 할 수 있다. 이런 문제를 해결하기 위한 연구로써 액정을 이용한 엑스선 검출기 연구가 진행되었으나 그 구조의 특성상 균일한 액정의 주입이 어려워 제작에 있어 많은 어려움이 있다. 따라서 본 논문에서는 기존의 문제점을 해결할 수 있는 구조를 제안하고 이를 Simulation 통해 제안된 구조의 가능성을 검토해 보았다.

Abstract

The trend of Digital x-ray Detector research is to improve resolution of image and to embody large area imaging as well as dynamic moving imaging, etc. This research is divided with indirect conversion method and direct conversion method by radiation conversion process. Each conversion method has problems such as decrease of resolution from light scattering in indirect method case and not only low system stability but also difficult in dynamic moving imaging in direct method case. X-ray detector using liquid crystal has been researching to solve these problems, but it is difficulty in uniform injection of liquid crystal because of its structural properties. Therefore, this study suggests the structure which solves present problem. Also the possibility of suggested structure was investigated using simulation.

keyword : Digital X-ray Detector, moving imaging, liquid crystal, direct conversion

I. 서론

현재 Digital X-ray Detector의 주된 연구동향은 영상의 해상도 향상과 대면적화라고 할 수 있다.^[1] 간접방식 Digital X-ray Detector는 안정성과, 대면적화, 동영상 구현 등 우수한 system 성능으로 가장 많이 상용화가 되어 있으나, X-ray conversion material로써 scintillator의 사용으로 인한 light scattering 문제로 영상의 해상도가 저하되는 단점이 있다. 이런 문제점을 해결하기 위한 연구 (즉 Pixel structured scintillator, needle-like columns scintillator growing 등)가 활발히 진행 중이나 아직 직접방식 Digital X-ray Detector의 영상 해상도에는 못 미치는 수준이다. 직접방식 Digital X-ray Detector는 X선 변환과정에 light 변환 과정이 생략되어 light scattering 문제는 발생하지 않아 영상의 해상도가 간접방식에 비해 아주 높은 장점이 있다. 하지만 낮은 system 안정성과 높은 가격, 대면적화의 어려움으로 인해 우수한 해상도를 가지는 장점에도 불구하고 간접방식 Digital X-ray Detector에 비해 상용화 비율이 낮다.^[1-2]

따라서 이런 각각의 문제점을 해결하기 위한 액정을 이용한 X-ray detector에 대한 연구는 광도전층에서 발생한 전기적 신호량에 따라 액정층에서의 twisting angle이 변화되게 되고, 이 때 광원을 조사하여 변화된 twisting angle에 따른 투과광의 변화를 측정함으로써 실제 단위면적당 조사된 X선 강도에 비례한 광신호를 획득할 수 있는 원리로 구성된다.^[3-5] 이에 액정을 이용한 X-ray detector는 그림 1. 에서처럼 a-Se Layer 표면에 액정을 직접 적층하는 신호변환층 구조 제작을 위해서는 uniform한 액정 주입이 중요한 요소가 되므로, 형상한 a-Se의 표면균일도 또는 두께 균일도가 검출기 제작에 큰 영향을 미치게 된다.^[3] 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 액정을 이용한 X-ray detector를 제작함에 있어서 새로운 structure model을 제안하고, 제안된 모델의 simulation을 통해 그 가능성을 검증해 본다.

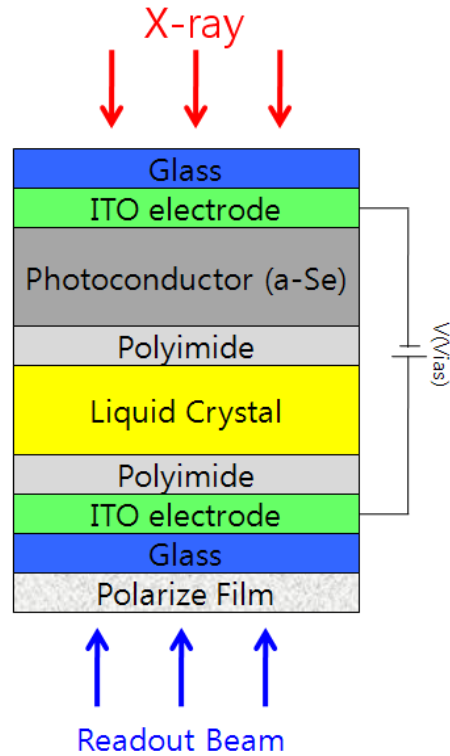


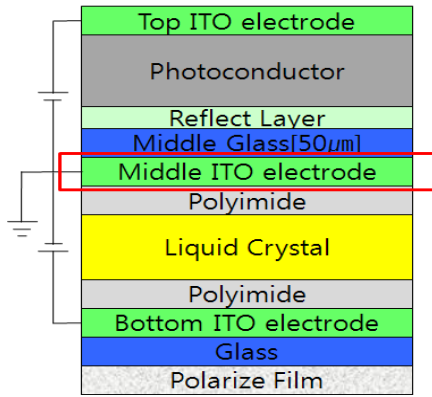
그림1. 기존의 액정구조를 이용한 엑스선 검출기의 구조의 단면

II. 본론

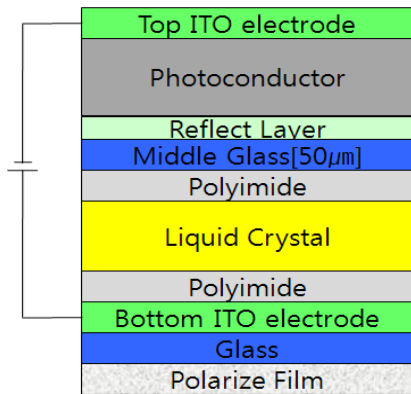
1. 재료 및 방법

본 연구에서 제안하는 새로운 model은 그림1.에서와 같이 Photoconductor layer와 Liquid Crystal Layer의 직접 적층으로 인한 제작의 문제점을 해결하기 위하여 Liquid Crystal Layer와 Photoconductor Layer 사이에 얇은 glass를 위치시켜 uniform한 액정의 주입이 가능하도록 하였다. 이와 같은 구조는 먼저 Glass사이에 Liquid Crystal Layer를 제작하기 때문에 uniform한 액정의 주입이 가능하다. 그림2.는 simulation model의 단면을 도식화 한 것으로 photoconductor layer와 liquid crystal layer 사이에 50 μ m두께의 Middle Glass가 위치하고 있다. 그림2.의 (A)와 (B)의 차이점은 (A)구조의

Middle Glass아래의 Middle ITO electrode의 유무이다. 그림2. (A)는 Middle ITO electrode를 포함하는 총 3종 전극의 형태로써 liquid crystal layer와 photoconductor layer에 각각의 독립적인 전압을 인가할 수 있는 구조로 modeling한 것이다.

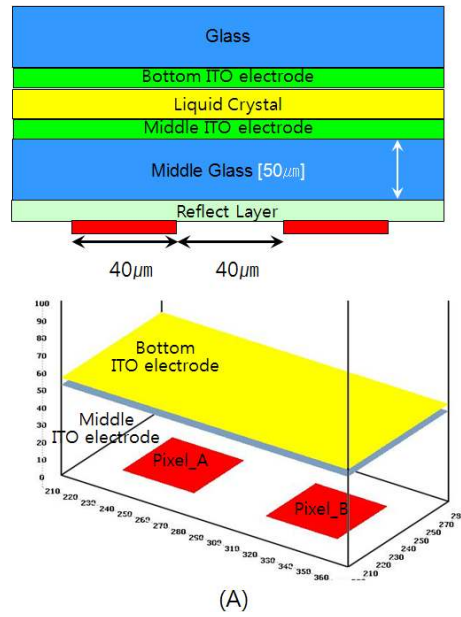


(A) Middle ITO electrode 포함



(B) Middle ITO electrode 제거

그림2. Simulation 모델(제안 구조)



(A)

	Case1 [Fig1 (A)]	Case2 [Fig (B)]
Bottom ITO electrode	30V	30V
Middle ITO electrode	27.5V	NO ITO electrode
Pixel_A	2V	2V
Pixel_B	-2V	-2V

(B)

그림3. (A) Simulation modeling, (b) Simulation condition

Simulation tool은 SANAIU system社의 LCE 3D simulation tool을 사용하였다. 본 연구에서 제안하는 액정을 이용한 엑스선 검출기의 영상 구형 원리는 X선과 Photoconductor와의 상호작용으로 인해 발생된 electric field가 액정에 전달되어 이 electric field의 크기만큼 twisting되어 영상을 표현하게 된다. simulation에서는 X선과 Photoconductor와의 상호작용으로 인해 생성된 electric field를 middle glass위에 직접 전극(Pixel A, Pixel B)의 형태로 구성함으로써 Top ITO electrode, Photoconductor는 simulation 구조에서는 제거할 수 있었다. 그림3.에서 시뮬레이션 구조와 시뮬레이션 조건을 나타내고 있다.

III. 결론

Simulation 결과는 그림4의 electric field simulation과 그림 5의 투과도 simulation 두 가지로 나타내었다. 그림4.에서 나타나듯이 Simulation 결과는 Case1(그림2. A)의 경우 Pixel electrode에 인가한 전압에 의한 전계가 middle glass에는 반영이 되나 liquid crystal layer까지는 미치지 못하는 것으로 나타났다. 반면에 Case2(그림2. B)의 경우는 electric field가 liquid crystal layer까지 잘 전달되는 것으로 나타났다. 그림5에서 나타나듯 투과도 실험 결과 또한 그림2.의 electric field simulation의 결과와 동일한 결과를 도출할 수 있었다.

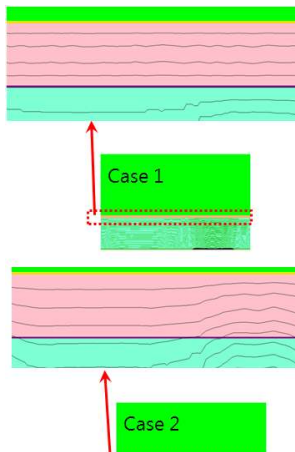


그림4. Electric Field Simulation

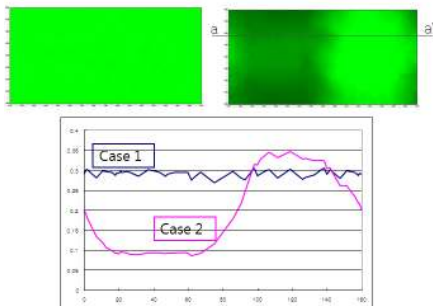


그림5. Transmission Simulation

IV. 고찰

본 연구는 기존 액정기반 엑스선 검출기의 Photoconductor로써 사용되는 비정질 셀레늄층의 불균일한 표면 특성에 의해 액정의 주입이 균일하지 못하여 제작상의 어려움을 가지는 단점을 해결하기 위한 사전 연구로써 Photoconductor와 액정 사이에 얇은(50 μm) middle glass를 위치시켜 그 가능성에 대한 Simulation을 하였다. Simulation model은 두 가지[Case 1(그림2 A), Case 2(그림2 B)]의 경우로 하였으며 Case 1의 경우 3전극 형태로 구성하여 액정과 Photoconductor에 인가되는 전압을 각각 인가할 수 있게 하는 구조로 modeling하였으나 simulation결과 Photoconductor에서 발생된 electric field가 액정으로 전파 될 때 Middle ITO 전극에 의해 electric field가 소멸되는 결과를 얻었다. Case 2의 경우는 2전극의 형태로써 Simulation 하였고 그 결과 middle glass를 투과하여 액정에 electric field가 잘 전파되어 액정의 변화까지 유도되는 것을 확인하였다. Case 2의 구조는 기존 액정기반 엑스선 검출기의 단점을 대체할 수 있는 구조로 사료되어진다. 하지만 기존 구조에 비해 middle glass의 위치는 검출기 구동에 필요한 전압 인가 시 유전체로 작용하여 전압 분배가 “Photoconductor : middle glass : 액정”으로 분배되기 때문에 전압 분배에 대한 simulation이 추가적으로 필요할 것으로 사료된다.

[참고문헌]

- [1] Byoung-Jik Kim, Gyuseong Cho, Bokyung Cha, Bosun Kang, An X-ray Imaging detector based on pixel structured scintillator, Radiation Measurement 42 (2007) 1415-1418.
- [2] G. Zentail, M. Schieber, L. Partain, R.Pavlyuchkova, C. Proano, Large area mercuric iodide and lead iodide X-ray detectors for medical and non-destructive industrial imaging, Journal of Crystal Growth 275 (2005) e1327-e1331.
- [3] Pia-Krista, Rieppo, J. A. Rowlands, X-ray imaging with amorphous selenium:Theoretical feasibility of the liquid crystal light valve for radiography, Med. Phys. 24 (8), August 1997

- [4] Robert D. MacDougall, Ivaylo Koprinarov, Christie Ann Webster, J.A.. Rowlands, The x-ray light valve: a low-cost, digital radiographic imaging system-spatial resolution, Medical imaging 2007, SPIE Vol 6510, 651018, (2007)
- [5] Christie Ann Webster, Ivaylo Koprinarov, Stephen Germann, J.A.. Rowlands, The x-ray light valve: A potentially low-cost, digital radiographic imaging system-concept and implementation considerations, Med. Phys. 35 (3), March 2008.