방사선 검출기 적용을 위한 액정 기반 다층 구조의 광 특성 평가

신정욱[a], 강상식[1], 박지군[1], 조성호[1], 차병열[1], 김진영[1], 이건환[2], 남상희[3]
인제대학교 의료영상과학대학원.[1]인제대학교 방사선 영상 연구실. [2]한국기계연구원. [3]인제대학교 의료 영상 연구소.

The optical characteristics study of sandwich structure based liquid crystal for the radiation detector application

Jung-Wook Shin[a], Sang-Sik Kang[1], Ji-Koon park[1], Sung-Ho Cho[1], Byung-Yul Cha[1], Jin-Young Kim[1], Gun-Hwan Lee[2], Sang-Hee Nam[3]
College of Biomedical Science and Engineering, Inje University[a], Radiation Image Lab, Inje University[1], Korean Institude of Machinery & Materials[2], Medical image, Medical Imaging Research Center of Inje University[3]

The digital radiation detectors are used clinically by diagnostic apparatus. However the digital radiation detector are some problem like high operating voltage, light blurring, low conversion efficiency, low fill factor, etc. Thus we propose a new radiation detector that the photoconductor layer and liquid crystal layer are coupled in sandwich structure. X-ray absorption in the photoconductor layer controls the state of the liquid crystal via creation of charge carrier and the light modulation of liquid crystal make image formation. The advantage of the new radiation detector is that high resolution image is acquired and the signal amplification is possible by external visible light source. In this study, we study the optical properties and electrical properties of the new radiation detector to irradiate X-ray. The Mercury Iodide(HgI_2) was used by photoconductor material, and the aluminum is used by reflective layer. The thickness of Mercury Iodide is about 200㎛, the operating voltage of the liquid crystal is 1.5~5V. The electrical properties of Mercury Iodide was measured, and the transmission efficiency of liquid crystal was measured by modulation potential.

Key Words : radiation detector; liquid crystal; high resolution; mercury iodide; sandwich structure

1. 서 론

현재 임상에서 사용되고 있는 디지털 방사선 검출기는 전기적 신호를 검출하는 방식에 따라 직접 변환 방식(direct method)과 간접 변환 방식(indirect method)로 나누어진다. 직접 변환 방식은 X선 에너지를 전기적인 신호로 직접 변환시키는 광도전체 물질을 사용하여 인체 내 정보를 영상 신호로 변환시키는 방식으로 고해상도의 영상 획득이 가능하지만 고전압의 인가, 낮은 검출 효율 등의 문제를 가진다. 간접 변환 방식은 조사된 X선 에너지에 의해서 가시광을 발광하는 형광체(phosphor)와 포토다이오드 또는 CCD와 같은 영상 검출기를 사용하는 방식으로 광 산란에 의한 낮은 해상도, 낮은 변환 효율 등의 문제점을 가지고 있다. 따라서 각각의 검출 방식이 가지는 문제점을 해결하기 위한 연구가 지속적으로 이루어지고 있으며, 또한 새로운 기존 방식의 문제점을 극복할 수 있는 새로운 검출 방식에 대한 연구도 이루어지고 있다.

본 논문에서는 액정과 광도전체 물질인 비정질 셀레늄(a-Se)이 결합된 샌드위치 구조의 새로운 방사선 검출기를 제작하고 그 특성을 연구하고자 한다. 액정기반의 새로운 방사선 검출기의 구동은 입사하는 X선인 인체를 투과한 후, 비정질 셀레늄 층 내에서 전자전공쌍이 발생하고 이러한 전하 캐리어들의 생성에 따라 전기광학 특성을 갖는 액정의 공간적 변화를 제어함에 따라 외부 광원과 CCD를 통해서 인체 내 정보를 획득할 수 있다. 이러한 검출 방식은 고해상도의 영상 획득이 가능하며, 외부 광원의 휘도를 조절함으로써 신호 증폭이 가능하여 신호대 잡음비(SNR)을 향상시킬 수 있는 장점을 가지게 된다. 따라서 본 논문에서는 액정과 광도전체가 결합된 샌드위치 구조의 방사선 검출기를 제작하여 특성을 관찰하고, 그 가능성을 검증하고자 한다. 제작된 검출기의 특성은 누설전류, 광도전체의 저항 변화, 액정의 투과율 변화 등을 측정하였다.

2. 실 험

2.1 검출기 제작

액정기반의 검출기의 구조는 아래 그림 1과 같다. 세척된 유리 기판 위에 하부 전극으로 ITO를 Sputtering 장비를 이용해서 코팅하고, 그 상부에 Thermal vapor evaporation을 이용하여 비정질 셀레늄 층을 형성하였다. 그 후에, TN(Twisted Nematic)형 액정 층을 형성하고, 상부 전극으로 ITO가 코팅된 유리 기반을 상부에 형성하였다.

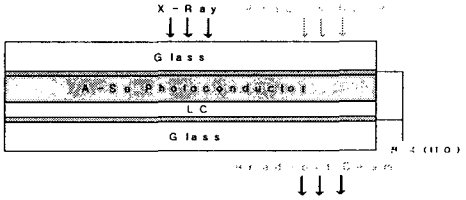

그림 1. 제작된 액정기반의 방사선 검출기 구조도

셀레늄 층의 두께는 100㎛로 균일하였으며, 5㎛의 두께로 제작된 TN형 액정 층은 아래와 같은 액정 제조 공정을 통해서 제작되었다.

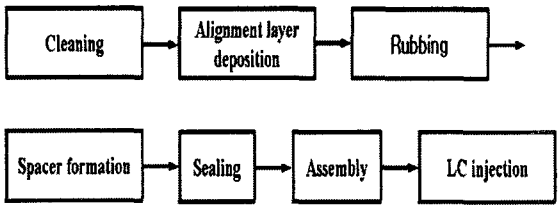

그림 2. 액정 제조 공정 (Fabrication process of LC)

2.2 실험방법

제작된 액정 기반의 검출기는 입사 X선에 의한 광도전체 층의 전하 캐리어 발생량, 발생된 전하 캐리어에 따른 액정 층에 인가되는 구동전압 변화, 액정 층의 구동전압 변화에 따른 투과율 변화의 과정을 통해서 구동된다. 따라서 제작된 샌드위치 구조의 검출기의 특성을 확인하기 위해서 광도전체의 누설 전류(Dark current)와 광민감도(Photosensitivity)를 측정하였으며, 그 측정 방법은 아래 그림 3과 같다.

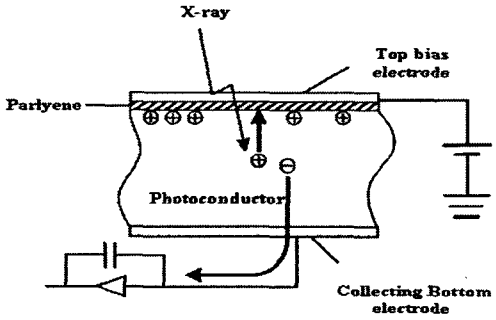

그림 3. 광도전체 층의 전기적 특성 측정 모식도

제작된 액정 층의 특성을 확인하기 위해서 TV(Transmission vs. Voltage) curve를 확인 하였으며, 그 특성은 아래 그림 4와 같다.

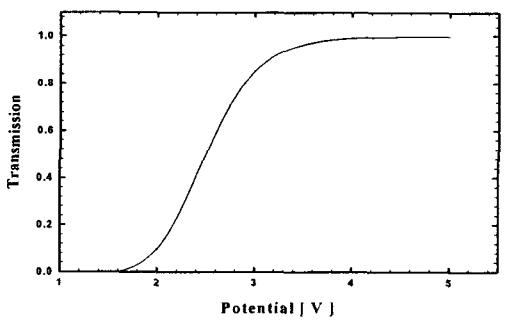

그림 4. 제작된 액정의 인가전압에 따른 투과율

인체를 투과한 입사 X선의 차를 나타내기 위해서는 검출 신호가 선형적인 특성을 나타내야 하기 때문에, 그림 4의 TV 그래프에 나타난 것과 같이 2V~3V의 구동전압을 사용해야 한다.

3. 결과 및 고찰

광도전체로 사용된 비정질 셀레늄의 광 민감도 측정을 위한 X선 발생장비(Toshiba 社, DRX 35357)는 70kVp, 100mA, 30ms의 조건으로 X선을 발생하였다. 비정질 셀레늄의 입사 X선에 따른 광 민감도 측정결과를 통해서 광도전체 층의 저항 변화를 측정한 결과는 아래 그림 5와 같다.

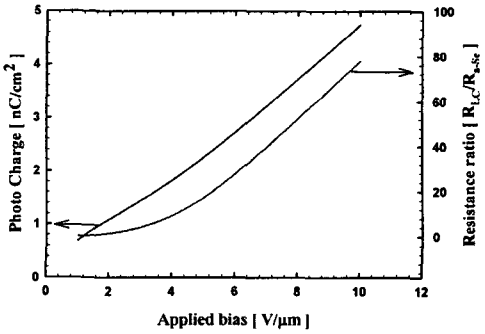

그림 5. 인가전압에 따른 a-Se의 광 민감도 특성과 샌드위치 구조의 저항비 변화

광도전체 층은 입사 X선 에너지에 따라 광 민감도가 선형적으로 증가하는 특성을 나타내며, 액정 저항과 광도전체의 저항비 변화 또한 증가하는 특성을 나타낸다. 이는 인가전압에 따라 비정질 셀레늄의 저항치가 증가하는 특성을 가지지만, 액정의 저항 변화와 비교하여 상대적으로 그 증가 특성이 낮기 때문이다. 따라서 입사된 X선에 의해서 광도전체 내부에서 생성된 전하 캐리여수의 증가에 따라 액정의 구동 전압 또한 증가하는 특성을 확인할 수 있으며, 이러한 결과를 통해서 비정질 셀레늄 층과 결합된 액정 층의 투과율의 변화를 그림 6과 같이 확인할 수 있었다. 특성을 확인 결과 약 1.2V/㎛~2.0V/㎛ 사이에서 선형적인 특성을 가지는 것을 확인할 수 있었다.

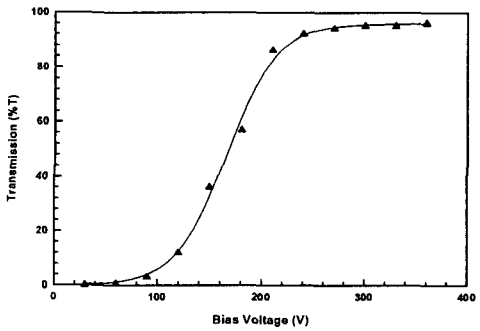

그림 6. 인가전압에 따른 제작된 검출기의 액정 층의 광 투과율 변화

그림 7은 X선 선량 변화에 따른 제작된 다층구조 방사선 검출기의 액정의 투과율 변화를 나타내고 있다. 제작된 검출기는 인체를 투과한 X선을 영상화시키기 위해서 광도전체의 발생 전하 캐리어 수가 증가함에 따라 액정의 투과율 또한 선형적인 변화 특성을 가지는 것을 확인할 수 있었다.

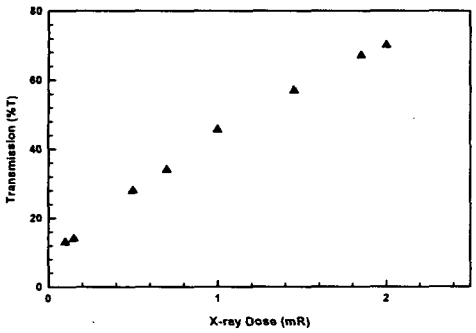

그림 7. 있가 X선 선량 변화에 따른 액정의 투과율 변화

4. 결 론

본 연구를 통해 광도전체 물질인 비정질 셀레늄과 액정을 이용한 새로운 구조의 디지털 방사선 검출기의 적용 가능 여부를 확인 할 수 있었다. 액정 층을 이용한 방사선 검출기의 성능 평가를 위해 샘플을 제작하여 전기적 특성 및 광학적 특성을 확인하였지만, 이후 영상 획득을 통하여 DQE, NPS, MTF와 같은 영상평가 인자들에 대한 연구가 수행되여져야 한다. 본 연구를 통해 액정 기반 방사선 검출기 제작 기술의 기본적 토대를 마련하고, 차후 임상 적용을 위한 액정 기반 방사선 검출기 제작 및 성능 평가를 위한 기초 자료로서 제공될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 경남도 사업인 중점기술 사업의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고 문헌

[1] Z.L. Xie. "0°~360° bistable nematic liquid crystal display with large d△n and high contrast" Journal of Applied Physics, volume 88, number 4, 15 august 2000

[2] A. Karellas, L. J. Harris, H. Liu, M. A. Davis, and C. J. D'Orsi, "charge coupled device detectoer: performance considerations and potential for small-field mammographic imaging applications", Med. Phys. 19, 1195-1199 (1992)

[3] J. P. Huignard, S. LeBerre, C. mayeux, and W. D. Eades, " Photoaddressed liquid crystal spatial light modulators", Appl. Opt. 28, 4763-4771 (1989)

[4] P. Rieppo, B. Bahadur, and J. A. Rowlands, " Amorphous selenium liquid crystal light valve for x-ray imaging:, in Physics of Medical Imaging, edited by R. L. Van Metter and J. Beutel, proc. SPIE 2432, 228 (1995)

[5] N. F. Mott and E. A. Davis, electronic Processes in Noncrystalline Materials (Claredon, Oxford, 1979), p. 531

[6] Liquid Cystal Mixtures For Electro-Optical Displays (Merch Ltd./BDH Publication, Darmstadt, 1992)

[7] K. Lu and B. E. A. Saleh, " Theory and design of the liquid crystal TV as an optical spatial phase modulator", Opt. Eng. (Bellingham) 29, 240-246 (1990)