

평판형 디지털 엑스레이 가스 검출기의 엑스선 특성 측정기술에 관한 연구

윤민석*, 조성호*, 오경민**, 정숙희**, 남상희**, 박지군***

의료영상과학 인제대학교*, 의용공학 인제대학교**, 방사선학 국제대학교***

X-ray properties measurement of Flat panel Digital X-ray gas detector

Minseok Yun*, Sungho Cho*, Kyungmin Oh**, Sukhee Jung**, Sanghee Nam**, Jigoon Park***

Medical Image Science, Inje University, Biomedical Engineering, Inje University**, Radiology Science, International University****

요 약

최근 의료진단 분야와 다른 적용분야를 위해 대면적 매트릭스 구조의 엑스선 영상이 활발하게 연구되어 오고 있다. 본 연구에서는, 의료진단을 위한 새로운 평판형 디지털 엑스선 가스 검출기를 제안하고 그에 따른 특성을 검증하고자 한다. 대기압에 반해 가스를 주입하는 어려움 때문에 챔버 형태의 구조로 만들어 질 뿐, 평판형 디지털 엑스선 가스 검출기는 아직 어디에서도 연구된 바 없다. 이에 본 연구에서는 디스플레이 패널 제작 기술을 이용하여 샘플제작을 성공하였다. 실험적인 측정을 위해 만들어진 샘플은 상판에는 유리기판위에 전극, 절연층, 산화마그네슘 보호막을 형성하였으며, 하판에는 엑스선 형광층과 전극을 형성하였다. 누설전류와 엑스선 민감도를 측정하였으며, 전기장에 대한 민감도의 선형성 측정 등의 전기적 특성평가를 실시하였다. 이에 대한 결과로 안정된 누설전류와 엑스선 민감도를 얻었다. 그리고 조사 선량에 따라 좋은 선형성을 보이는 등 넓은 진단 동적영역을 확인할 수 있었다. 이러한 결과로 평판형 엑스선 가스 검출기의 디지털 엑스선 영상 검출기로의 적용 가능성을 확인 할 수 있었다.

keyword : Radiation detector, MgO, PDP, Digital X-ray imaging

Abstract

The Recently, large area matrix-addressed image detectors are investigated for X-ray imaging with medical diagnostic and other applications. In this paper, a new flat panel gas detector for diagnostic X-ray imaging is proposed, and its characteristics are investigated. The research of flat panel gas detector is not exist at all. Because of difficulty to inject gas against to atmospheric pressure. So almost gas detector made by chamber shape. We made flat panel sample by display technique. (ex: PDP, Fed, etc.) The experimental measurements, the transparent electrodes, dielectric layer, and the MgO protection layer were formed in front glass. And, the X-ray phosphor layer and address electrodes are formed in the rare glass. The dark current, the x-ray sensitivity and linearity as a function of electric field were measured to investigate the electrical properties. From the results, the stabilized dark current density and the significant x-ray sensitivity were obtained. And the good linearity as a function of exposure dose was showed in wide diagnostic energy range. These results

means that the passive matrix-addressed flat panel gas detector can be used for digital x-ray imaging.

I. 서론

오늘날 진단 방사선 영역에 있어서 기존 아날로그 (Analog) 스크린/필름(screen/film) 방식의 필름의 보관 및 관리, 그리고 영상 데이터의 활용에 따른 문제점들이 대두되면서 디지털(Digital) 방식의 X선 검출기 개발의 필요성이 증대되고 있다¹⁾. 디지털 방식의 X선 검출기를 적용한 Flat panel Digital Radiography는 저 선량에서도 성능이 우수한 영상을 획득할 수 있을 것으로 기대된다^{2,3)}. 본 연구에서는 현재 디스플레이용으로 사용되고 있는 Plasma Display Panel을 분석하여, Digital X-ray Detector로의 활용을 위해 연구하고자 한다.

기존에 연구되고 있는 디지털 방식의 X-ray Detector는 제작 과정에 있어서의 고열로 인한 Panel 및 물질의 손상, X-ray Damage에 의한 Dead pixel 및 Line 발생, low Contrast로 인한 진단능의 저하 등 많은 단점을 지니고 있다. 본 논문에서 연구하고자 하는 Plasma Display Panel을 이용한 X-ray Detector는 원천적으로 Gas를 사용함으로써 고속구동을 가능하게 하여 Image Lag을 줄일 수 있고, Dead Pixel 및 Dead Line을 줄일 수 있으며, 높은 Contrast를 얻을 수 있어 진단능을 향상시킬 수 있는 장점을 지닌다.

이러한 연구의 진행을 위해 기존의 Display용 PDP의 구조 및 특성을 분석하고 PDP 기반의 Digital Radiography 샘플을 제작한다. 그리고 제작된 샘플의 X-ray에 대한 반응 특성을 평가하여 Digital Radiography로의 적용가능성을 알아보고 연구한다.

1. 평판형 가스 디텍터 샘플의 제작

일반적인 플라즈마 디스플레이 패널의 제작 과정과 동일하게 진행하여 평판형 가스 디텍터 샘플을 제작하였다. 하판제작은 substrate glass위에 Ag 전극 10um, Dielectric layer 20um, 형광층 50um 순으로 모두 스크린프린트법을 이용하여 인쇄하였다. 상판제작은 substrate glass위에 Ag 전극 10 um, Dielectric layer 20um 순으로 역시 스크린프린트법을 이용하여 인쇄하였고, E-beam evaporator 장비(그림 1)를 이용하여 그 위에 MgO 층을 E-beam evaporation법을 이용하여 증착하였다. 이렇게 제작된 상판과 하판을 고온배기 및 소성과정을 거쳐 봉입하고, 내부에 Xe가스를 500 Torr 충전하여 샘플 패널을 제작하였다. 샘플 패널 내 가스 주입은 그림 2에 나타난 가스충진 장비를 이용하여 실시하게 된다. 이때 샘플 내의 일련의 불순물 (먼지, 습기 등)등의 제거를 위하여 고온 배기 과정을 거치게 된다. 불순물의 제거과정을 거침으로써 가스 충전 시 혹은 충전 완료 후 습기나 먼지들의 영향으로 충전된 가스의 순도의 변화 및 검출기 성능의 변화 등을 방지할 수 있게 된다.



그림 1. E-beam evaporator

II. 재료 및 실험방법



그림 2. 샘플 내 가스 충전 장비

제작된 샘플의 모습을 그림 3에 나타내었다. 제작된 샘플은 전기적 특성평가를 위하여 전압을 인가하기 위한 전극 라인과 출력전류를 측정하기 위한 전극 라인을 가진다. 8 X 9의 라인을 가지며, 상부전극라인과 하부전극라인의 Cross-section은 1 X 1 mm의 면적을 가진다.

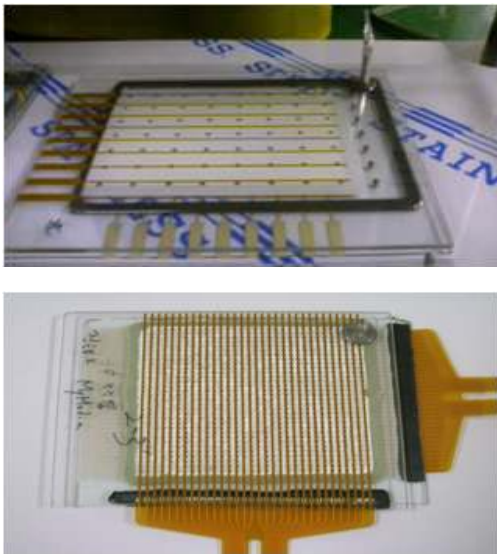


그림 3. 제작된 평판형 가스디텍터 샘플

2. 제작된 샘플의 전기적 특성평가

디지털 엑스레이 디텍터의 성능을 평가하기 위하여 전기적 특성평가를 실시하였다. 누설전류와 민감도,

그리고 선량의 변화에 따른 (mA, sec) 민감도 변화의 선형성을 관찰하여 평판형 가스 검출기의 DR로의 적용가능성을 검토하고자 하였다. 전기적 특성평가를 위한 실험방법은 그림 4에 나타내었다. 전압인가를 위하여 EG&G 558H, USA Power supply를 이용하였고, 누설전류 측정을 위하여 Keithley 6517A, USA electrometer를 이용하였다. Shimadzu TR- 500-125 (JAPAN)을 이용하여 X-ray를 조사하고, 조사되는 X-ray의 정확한 선량 측정을 위하여 Ion Chamber 2060 (Radical Cooperation, USA) 가 사용되었다.

누설전류(Dark current)측정의 방법은 암상태(Dark room)를 유지한 상태에서, 평판형 가스검출기 샘플에 전압을 인가한 후 오실로스코프에 나타나는 파형을 신호분석프로그램인 ACQ를 통하여 획득하게 된다. 또한 민감도(Sensitivity)의 측정을 위해 암상태를 유지하고, 평판형 가스검출기 샘플에 전압을 인가한 후 X-ray unit을 이용하여 샘플에 X-ray를 조사한 후, 여기서 발생된 전류를 오실로스코프로 파형을 획득하여 ACQ 프로그램을 통하여 Intergration 된 신호값을 획득하는 과정을 거친다.

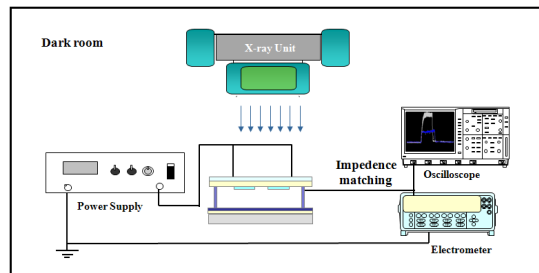


그림 4. 전기적 특성평가를 위한 모식도

III. 결과

1. 누설전류(Dark current)와 민감도(Sensitivity)

표 1은 인가전압에 따른 샘플패널의 누설전류(Dark current)의 변화를 보여준다. 측정된 결과를 보아, 제작된 평판형 가스검출기 샘플의 경우가 일반적으로 상

용화 되어있는 a-Se 기반의 디지털 엑스레이 디텍터보다 약 5배 정도 낮은 수준의 누설전류를 나타내었다. 누설전류는 X-ray 검출기에서 매우 중요한 파라미터로 작용한다. 동 전압에서 낮은 누설전류를 가진다는 것은 보다 높은 신호대잡음비(SNR)를 획득할 수 있다는 의미이므로, 디지털 신호 검출 시 매우 중요한 요소가 된다. 획득은 다음 수식 (1)에서 설명이 된다.

$$J_{dark} = -qD_n \frac{dn(x)}{dx} \Big|_{x=0} \quad (1)$$

표 1. 인가전압에 따른 누설전류

Applied voltage (V)	Leakage current (pA/mm ²)
100	0.081
150	0.112
200	0.154
250	0.192
300	0.249
350	0.364
400	0.502

표 2는 인가전압에 따른 샘플패널의 민감도 (Sensitivity)의 변화를 보여준다. 민감도는 수식 (2)에서 간단히 설명되고, 표에 나타난 결과로 유추해 보아 민감도 부분에서는 앞서 언급한 a-Se 기반의 디지털 엑스레이 디텍터의 민감도에 미치지 못하다는 결과를 확인하였다. 하지만 제작된 샘플의 인가전압과 a-Se 기반의 검출기를 비교하여 볼 때, 제작된 샘플이 훨씬 낮은 전압에서 구동될 수 있는 장점을 가지며, 충전된 물질이 가스라는 점을 이용하여 Avalanche등을 통하여 증폭 구조등의 변경으로 민감도 부분을 개선할 수 있으리라 사료된다.

$$\Delta Q = \frac{\int_0^T V dt}{R} \quad (2)$$

표 2. 인가전압에 따른 민감도

Applied voltage (V)	Sensitivity (nC/mRcm ²)
100	0.082
150	0.121
200	0.153
250	0.207
300	0.274
350	0.331
400	0.406

2. 선형성(Linearity)

그림 5와 6의 그래프는 X-ray의 선량에 따른 민감도의 선형성 평가에 대한 결과이다. 이 두 그래프의 결과를 통해 관전류 및 조사시간의 변화에 따라 민감도가 매우 선형적으로 변화한다는 것을 알 수 있다.

식 (3) 선형성 평가를 위한 r coefficient값

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum(y_i - \bar{y})^2}} \quad (3)$$

관전류의 변화에 따른 선형성 평가 coefficient인 r값은 0.98, r2 값은 0.961의 결과를 나타내었고, 조사 시간에 따른 선형성 평가 coefficient r값은 0.968, r2 값은 0.938로써 매우 우수한 선형성을 나타내었다.

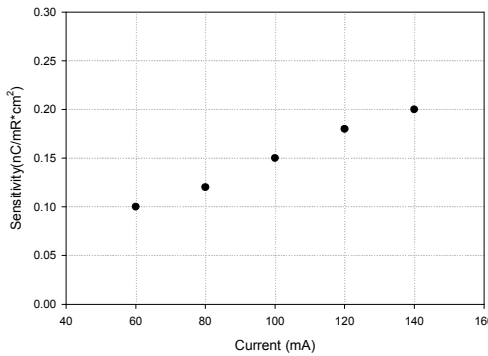


그림 5. 관전류에 따른 민감도의 선형성

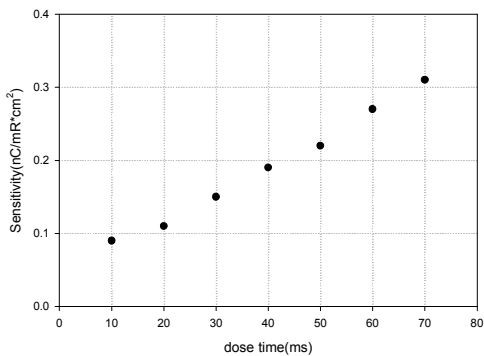


그림 6. 조사시간에 따른 민감도의 선형성

한편, 민감도 부분의 낮은 결과는, 가스 고유의 낮은 QE에서 비롯되며, 이를 해결하기 위하여 가스와 반응하지 않고 투과하는 엑스레이에 대해 두꺼운 형광층을 삽입하여 광음극층을 이용한다든지, 광도전체와 전자방출층을 삽입함으로써 QE를 높일 수 있을 것으로 생각되며, 구조적인 변화를 통하여 전리된 가스의 전자를 증폭구조를 이용하여 증폭시킴으로써 해결할 수 있으리라 사료된다.

[참고 문헌]

- [1] Dowsett DJ, Johnston RE, Kenny PA (2005) The Physics of Diagnostic Imaging (2nd ed.) London: Hodder Arnold
- [2] J.A. Rowlands and S.O. Kasap. Physics Today 50 (1997)
- [3] B. Polischuk, Z. Shukri, A. Legros and H. Rougeot. SPIE Proc 3336 (1998)

IV. 결론 및 고찰

본 연구에서는 일반적으로 디스플레이용으로 사용되는 PDP의 제작방법을 그대로 사용하여 샘플패널을 제작하여 가스충진 평판형 디지털 엑스선 검출기로의 가능성을 보고자 하였다. 전기적 특성평가에서 누설전류가 약 300V 이상에서 급격하게 증가하는 점과 민감도가 300V 이상에서부터 포화되는 그래프 곡선을 나타내는 경향을 보아, 약 200~300V 정도의 인가전압이 효율적인 면에서 가장 적당한 결과를 나타내었다. 이러한 인가전압은 기존에 사용되는 간접방식의 디텍터, 연구되고 있는 직접방식의 디텍터 등의 문헌에 비해 약 5배 이상 낮은 값을 나타내는데, 이는 높은 비저항으로 인한 결과로 사료된다.