

# 광학적인 방법에 의한 플라즈마 디스플레이 패널의 3차원 광 방출 측정과 분석

論 文

51C-1-5

## The Measurement and Analysis of Three-Dimensional Light Emitted from Plasma Display Panel by Optical Method

崔勳永\* · 李哲賢\*\* · 李升杰\*\*\*

(Hoon-Young Choi · Seok-Hyun Lee · Seung-Gol Lee)

**Abstract** - We measured a 3-dimensional images of the light emitted from plasma display panel(PDP) by using newly proposed scanned point detecting system. In the panel without phosphor, as we scan from the rear glass to the front glass, the detected light intensity increases and the light intensity detected in the inside edge of the ITO electrodes shows the stronger light intensity than others. The light intensity detected between the barrier ribs shows the largest value of brightness. Also, as the sustain voltage increases, the detected light intensity increases. In the panel with phosphor, the intensity of light detected at barrier rib shows the stronger light intensity than rear plate. Therefore, the phosphor of barrier rib is very important. From these results the 3 dimensional measurement is necessary to understand exactly the discharge phenomenon in the PDP cell.

**Key Words** : 3-dimensional images, plasma display panel, scanned point detecting method

### 1. 서 론

플라즈마 디스플레이 패널은 40인치 이상의 대형화와 칼라화가 용이하며 넓은 시야각을 갖는 등 다른 디스플레이 소자에서 찾아볼 수 없는 장점을 많이 가지고 있다. 그 결과 차세대 대화면, 고화질의 디스플레이로서 주목받고 있다. 현재 Fujitsu가 개발한 21"를 시작으로 42"부터 50"가 제품으로 판매되고 있으며 60"급 까지 개발이 된 상태이다. 플라즈마 디스플레이 패널이 가정용까지 보급되기 위해서는 효율향상을 통한 소비전력 감소, 화질의 향상, 저 가격화 등의 문제를 해결하여야 한다.[1][2] 특히, 효율향상을 위해 벌집 형태와 와플 형태의 격벽 채용, 비대칭 cell 제작, 전극 분할구조, ALiS 구동방식과 AWD 구동방식 등의 새로운 신기술이 보고되고 있다. 또한 봉입 가스의 최적화, 시물레이션 등을 통한 방전기구 해석 등의 연구가 계속 진행 중에 있다.[3-8]

본 논문에서는 Ne-Xe(4%) 혼합가스가 400torr의 압력으로 채워진 panel에 10kHz의 구동 파형을 인가하여 형광체가 도포되어 있지 않은 panel과 형광체가 도포된 panel에서의 방전에 따른 광의 분포를 살펴보았다. 형광체가 도포되어 있지 않은 panel에서는 165V, 180V, 200V, 220V의

방전전압에 따라 방출되는 광의 분포를 측정하여 방전 특성을 살펴보고, 형광체가 있는 panel에서는 청색 형광체가 도포된 셀에서 방출되는 광의 분포를 측정하여 검토하였다. 직접 고안한 scanned point detecting system을 이용하면 일반적인 panel의 구조 외에 다양한 구조를 갖는 panel의 방전 cell로부터 방출되는 광의 3차원 공간적 분포를 실험을 통해 검출할 수 있다. 실험으로부터 얻어진 데이터를 통해 고 효율을 갖는 panel 설계에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 사료된다.

### 2. 이론적 배경

현재까지 보고된 플라즈마 디스플레이 패널에서의 147nm, 828nm 방출 특성은 2차원으로 측정된 패널의 전면판과 측면에서 검출된 데이터이다. 3차원 구조를 갖는 패널에서의 광 방출 특성을 보다 잘 이해하기 위해서는 2차원 측정이 아닌 3차원 측정이 요구된다.

그림 1에 3차원 측정 방식의 원리를 나타내었다. 상면에 CCD array와 같은 2차원 검출기 대신 핀홀이 달려 있는 광 검출기(point detector)를 위치시킴으로써, 특정 지점으로부터 방출되는 광만을 검출할 수 있다. 물체의 특정 지점으로부터 방출된 광은 핀홀을 지나 검출기로 모두 입사되지만, 다른 지점으로부터 방출된 광(검선)은 핀홀 앞에서 미리 집중되거나, 핀홀 뒤에서 집중된다. 그러므로 물체의 특정 지점으로부터 방출된 광만이 검출기에 의해 검출된다. 핀홀을 사용함으로써, 한번에 한 지점으로부터 방출된 빛의 세기만을 측정하게 되지만, 패널의 위치와 lens의 위치를 이동시켜 3차원으로 주사하면, PDP cell 내부에서 방출되는 광을 3차

\* 準 會 員 : 仁 荷 大 工 大 電 子 電 氣 工 學 部 博 士 課 程

\*\* 正 會 員 : 仁 荷 大 工 大 電 子 電 氣 工 學 部 副 教 授 · 工 博

\*\*\* 非 會 員 : 仁 荷 大 工 大 情 報 通 信 工 學 部 教 授 · 工 博

接 受 日 字 : 2001年 9月 3日

最 終 完 了 : 2001年 12月 4日

원으로 측정할 수 있다.[9-12]

이와 같이 패널의 위치와 lens의 위치를 이동시켜 3차원으로 주사하는 측정 장치를 scanned point detecting system 이라 한다.

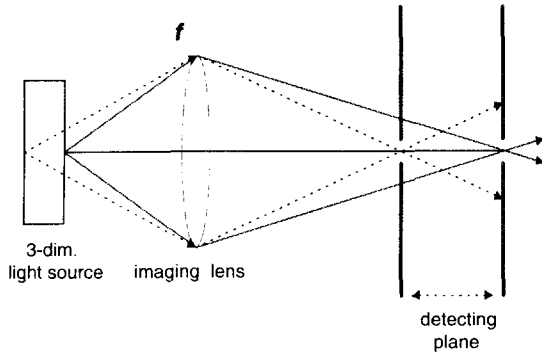


그림 1 Scanned point-detecting method의 원리

Fig. 1 Principle of Scanned point-detecting method

### 3. 실험 방법

형광체가 없는 panel의 사양은 ITO 전극 폭  $360\mu\text{m}$ , ITO 전극과 ITO 전극간의 간격  $60\mu\text{m}$ , bus 전극 폭은  $100\mu\text{m}$ 이고, 스크린 프린트 법으로 형성한 격벽 높이는  $180\mu\text{m}$ 이며 Ne-Xe(4%) 혼합가스의 압력은 400torr 이다. 패널의 구동주파수는 10kHz, 방전 개시전압은 180V, 방전 유지전압은 149V 이다. 최소 유지전압과 방전 개시전압 사이의 평균 전압인 165V와 방전 개시전압인 180V, 그리고 200V와 220V에서 방전 전압에 따라 3차원 측정을 하였다. 전면판의 bus전극이 금속전극이므로 방출되는 광이 차단된다. 광이 차단되면 정확한 cell내의 방전 분포를 구할 수 없으므로 배면판에서 측정하였다.

형광체가 있는 panel은 ITO 전극 폭  $340\mu\text{m}$ , ITO 전극과 ITO 전극간의 간격  $60\mu\text{m}$ , 그리고 bus 전극 폭은  $110\mu\text{m}$ 이고 sandblast법으로 형성한 격벽 높이는  $180\mu\text{m}$ 이며, Ne-Xe(4%) 혼합가스 압력은 400torr 이다. 패널의 구동주파수는 10kHz, 방전 개시전압은 186V, 방전 유지전압은 150V이다. 168V의 전압에서 실험을 하였다. 배면판에 형광체가 도포되어 있기 때문에 전면판에서 측정하였다.

그림 2에 실험을 위해 제작된 3차원 광 측정 장비를 나타냈다. 측정 장비는 XYZ scanning stage, 현미경 대물렌즈, 핀홀, PM tube, 광 증폭기로 구성되어 있다. PDP에서 방출되는 광은 현미경 대물렌즈를 지나 핀홀에 집속된 광만 PM tube를 거쳐 pre-amplifier와 amplifier에서 증폭되고 AD/DA converter를 통해 PC에서 time average된 데이터를 받아들이게 된다.

형광체가 없는 panel에서는 Ne-Xe(4%)의 혼합가스에서 방출되는 580nm의 파장이 가장 크게 검출되고 있으며 3차원 광 측정 장비에 대한 광학적 계산 결과 이때의 공간 분해능은  $4.9\mu\text{m}$ 로 나타났다. 형광체가 있는 panel에서는 blue 형광

체로부터 방출되는 450nm에 대해 광학적 계산을 하였으며 이때의 공간 분해능은  $4.8\mu\text{m}$ 이다.

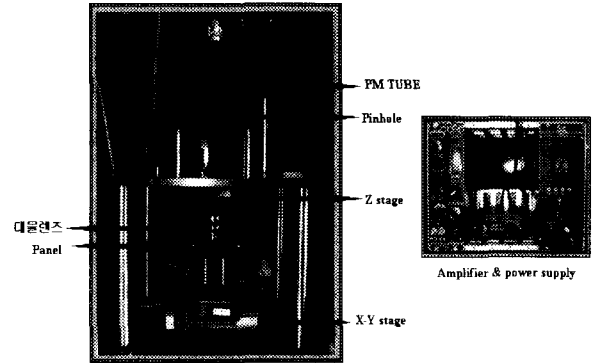


그림 2 3차원 측정 장비

Fig. 2 System of 3-dimensional measurement

### 4. 결과 및 검토

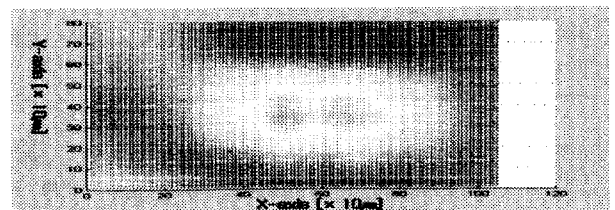
#### 4.1 형광체가 없는 panel의 광 방출 특성

3차원 측정 시 X축은 격벽과 평행하게 주사하는 방향으로, Y축은 ITO전극과 평행하게 주사하는 방향으로, Z축은 배면판에서 전면판으로 주사하는 방향으로 정했다.

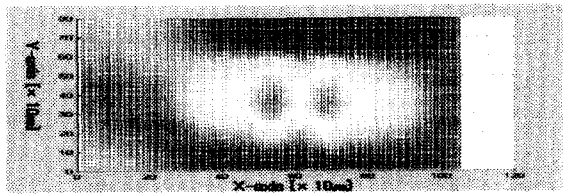
그림 3은 X축으로  $1,050\mu\text{m}$ , Y축으로  $800\mu\text{m}$ , Z축으로  $200\mu\text{m}$ 를 각각  $10\mu\text{m}$  간격으로 주사한 3차원 측정 결과이다.

##### 4.1.1 Z축 방향으로 측정한 결과 (X-Y평면)

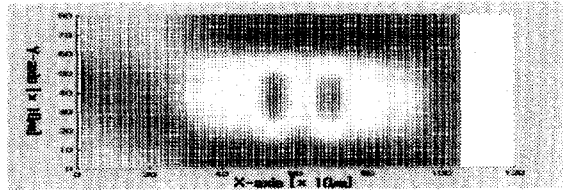
165V, 180V, 200V, 220V에서 측정된 X-Y평면의 방출광 분포는 거의 유사하므로, 그림 3에 165V에서 Z축 scan시  $10\mu\text{m}$  마다 나타나는 X-Y평면 중 대표적인 특징을 나타내는 평면을 나타냈다. 측정 면이 배면 판이므로 Z축 방향으로 진행될수록 ITO전극과 가까워지게 된다. Z축 방향 측정이 진행될수록 검출되는 광은 점점 증가하였다. 그리고 ITO전극의 안쪽 edge부분에서 검출된 광의 세기는 ITO전극의 다른 부분에서 검출된 광보다 큰 것을 알 수 있다. 방전의 전체적인 현상은 ITO전극과 ITO전극간의 간격  $60\mu\text{m}$ 를 중심으로 대칭을 이루고 있다.



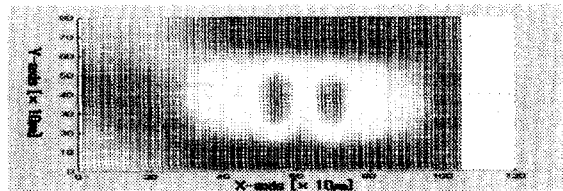
(a) 배면판에서 Z축 방향으로  $60\mu\text{m}$  진행한 X-Y평면



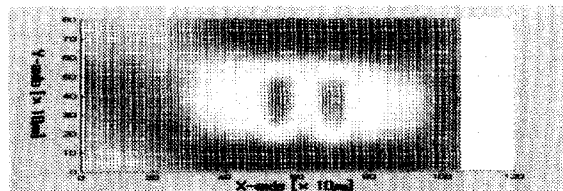
(b) 배면판에서 Z축 방향으로 90 $\mu\text{m}$  진행한 X-Y평면



(c) 배면판에서 Z축 방향으로 120 $\mu\text{m}$  진행한 X-Y평면



(d) 배면판에서 Z축 방향으로 150 $\mu\text{m}$  진행한 X-Y평면



(e) 배면판에서 Z축 방향으로 180 $\mu\text{m}$  진행한 X-Y평면

그림 3 165V에서 측정된 X-Y평면에서의 방출 광 분포

Fig. 3 Emitted light intensity distribution of X-Y plane which is measured at 165V

고안된 scanned point detecting system을 사용하면 PDP cell내의 3차원 광 방출 특성뿐만 아니라 1차원, 2차원적인 광 방출 특성도 함께 얻을 수 있는 장점이 있다. 그림 4와 그림 5는 2차원과 1차원적인 광 방출 특성을 잘 나타내고 있다. 3차원 측정으로 얻어진 Z축 방향의 모든 광을 적분한 결과를 그림 4에 도시하였다. ITO전극과 ITO전극사이의 안쪽 edge에서 가장 큰 광이 검출되고 있음을 명확히 나타내고 있으며 방전의 형상은 ITO전극과 ITO전극 사이를 중심으로 대칭을 이루고 있다. 이것은 기존의 PDP cell에 대해 CCD 카메라 등을 이용해서 측정한 2차원 결과와 같은 광의 분포를 보여주고 있다.[13]

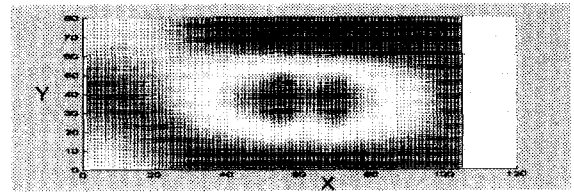
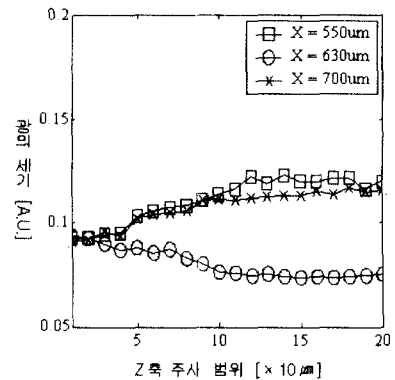


그림 4 165V에서 측정된 X-Y평면의 적분 이미지

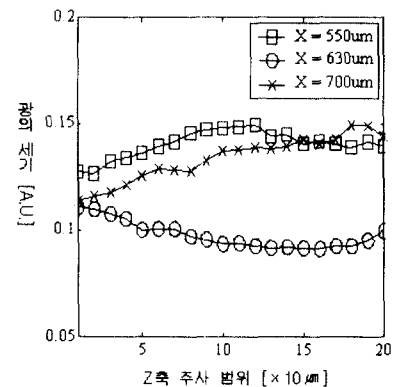
Fig. 4 The summation image of X-Y planes which is measured at 165V

또한, 그림 5에 165V, 180V, 200V, 220V의 전압에 따라 Z축 주사 시 표현되는 X-Y평면에서 광의 세기가 비교적 큰 Y=370 $\mu\text{m}$ 의 위치에서 두 개의 ITO전극의 위치(X=550 $\mu\text{m}$ , 700 $\mu\text{m}$ ), ITO전극과 ITO전극 사이(X=630 $\mu\text{m}$ )에서 검출된 광의 세기를 Z축 측정범위인 200 $\mu\text{m}$ 에 대해 나타냈다.

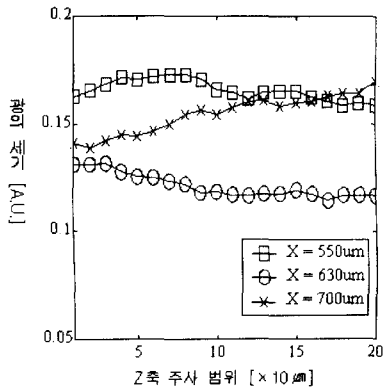
165V에서는 ITO전극에서부터 80 $\mu\text{m}$  떨어진 지점까지 검출된 광의 세기가 크게 나타났으며 더 멀어지면 감소하고 있다. 그리고 ITO전극 쪽으로 갈수록 ITO전극의 위치에서 검출된 광이 ITO전극과 ITO전극 사이에서 검출된 광보다 크다는 것로부터 ITO전극 위에서의 전계의 세기가 더 크다는 것을 알 수 있다.



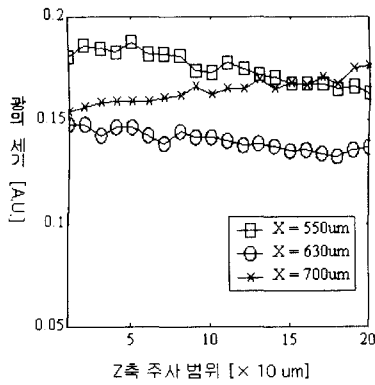
(a) 165V



(b) 180V



(c) 200V



(d) 220V

그림 5 전압에 따른 Z축의 광의 세기 (Y=370μm)

Fig. 5 The light intensity of Z-axis scan at various discharge voltages (Y=370μm)

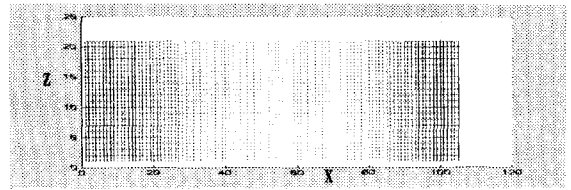
180V, 200V, 220V에서는 ITO전극에서의 발광의 세기는 약간 다르지만 ITO전극의 위치에서 검출된 광이 ITO전극과 ITO전극 사이에서 검출된 광보다 크다는 것을 알 수 있다. 또한, 전압이 증가함에 따라 광의 세기는 점점 크게 나타남을 알 수 있다.

4.1.2 Y축 방향으로 측정된 결과 (X-Z평면)

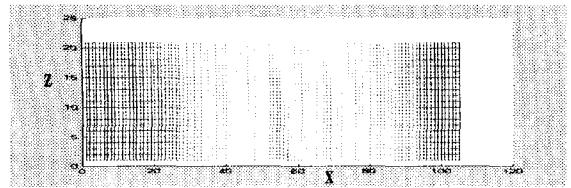
그림 6에 165V에서 Y축 scan시 10μm 마다 나타나는 X-Z 평면 중 대표적인 특징을 나타내는 평면을 나타냈다. 격벽 가까운 곳에서는 검출되는 광의 세기가 작고 격벽과 격벽 사이의 중심부위로 갈수록 검출되는 광의 세기가 증가하였다. 기존 2차원 시뮬레이션들이 Y축으로의 변화를 무시한 것과는 달리 실제 cell에서의 방전이 Y축에 따라 각각 틀리다는 것을 알 수 있다. 그러므로 Y축 방향의 변화를 고려한 3차원 시뮬레이션이 요구되고 있으며, 3차원 시뮬레이션에 대한 연구가 활발히 진행 중에 있다.[14] 이를 통해 보다 정확한 cell 내부에서의 방전 현상을 규명할 수 있을 것이다.

Y축 변화시 나타나는 각각의 X-Z평면 결과는 기존의 2차원 측정으로는 측정할 수 없고 3차원 측정을 통해서만 얻

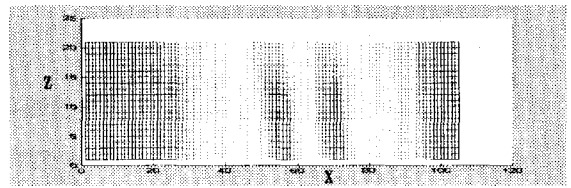
어질 수 있다.



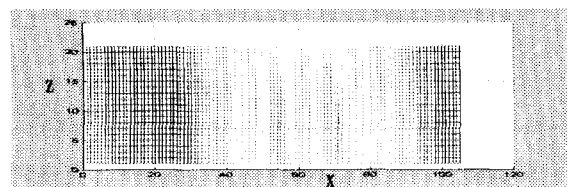
(a) 격벽 근처



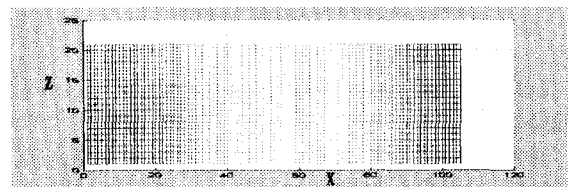
(b) 격벽에서 90μm 떨어진 지점



(c) 격벽과 격벽사이의 중심 (180μm 떨어진 지점)



(d) 격벽에서 270μm 떨어진 지점

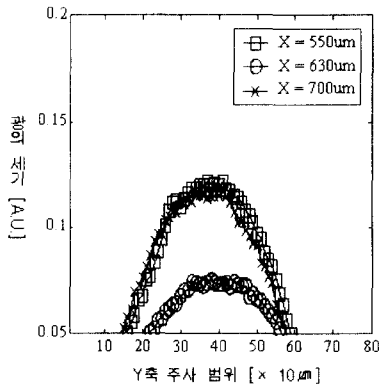


(e) 다른 격벽 근처 (350μm 떨어진 지점)

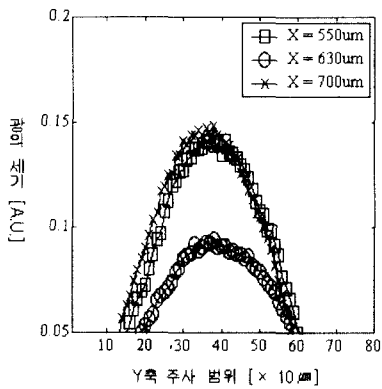
그림 6 165V에서 측정된 X-Z평면에서의 방출 광 분포

Fig. 6 Emitted light intensity distribution of X-Z plane which is measured at 165V

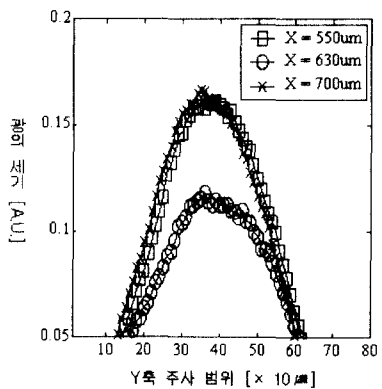
그림 7에는 165V, 180V, 200V, 220V의 전압에 따라 Y축 주사시 표현되는 X-Z평면에서 Z축의 위치가 170 $\mu\text{m}$ 인 지점에서 두 개의 ITO전극의 위치( $X=550\mu\text{m}, 700\mu\text{m}$ )와 ITO전극과 ITO전극 사이에서( $X=630\mu\text{m}$ ) 검출된 광의 세기를 Y축 측정 범위인 800 $\mu\text{m}$ 에 대해 나타냈다. 전압이 증가하면 검출되는 광의 세기는 증가하였다. 그리고 전압이 증가함에 따라 ITO전극의 바깥부분으로 광이 조금씩 퍼짐을 알 수 있는데 이것은 전압이 증가할수록 이온화가 많이 되어 방전 영역이 넓어지기 때문이다.



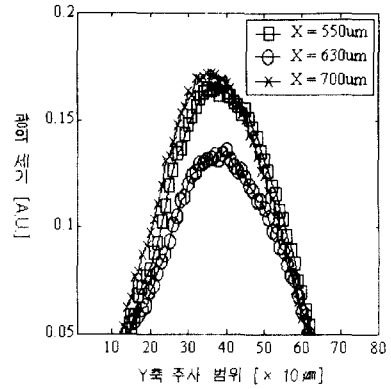
(a) 165V



(b) 180V



(c) 200V



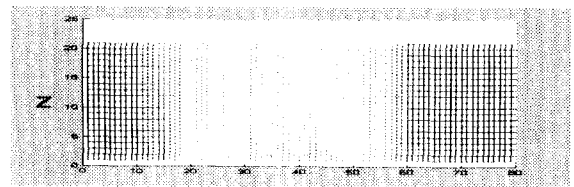
(d) 220V

그림 7 전압에 따른 Y축의 광의 세기 ( $Z=170\mu\text{m}$ )

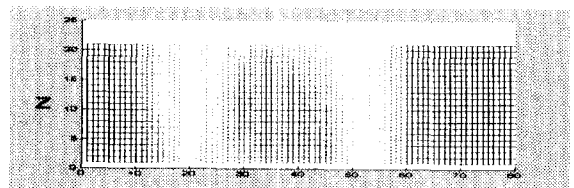
Fig. 7 The light intensity of Y-axis scan at various discharge voltages ( $Z=170\mu\text{m}$ )

#### 4.1.3 X축 방향으로 측정한 결과 (Y-Z평면)

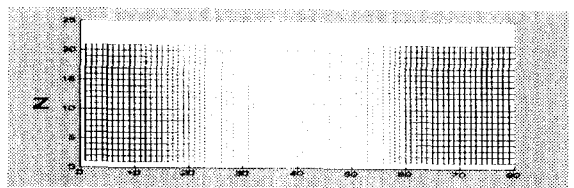
그림 8에 X축으로 10 $\mu\text{m}$  마다 주사 시 나타나는 Y-Z평면 중 대표적인 특징을 나타내는 평면을 나타냈다. ITO전극의 안쪽 edge에서 검출되는 광의 세기가 가장 크다는 것을 잘 나타내고 있다



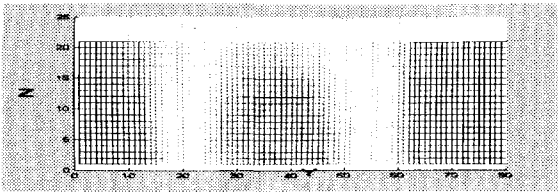
(a) ITO전극 바깥쪽



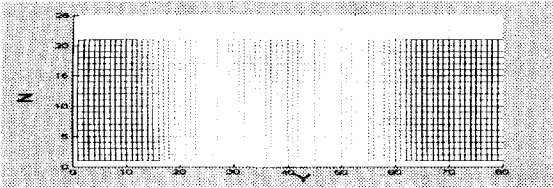
(b) 광의 세기가 큰 ITO전극 위



(c) ITO전극과 ITO전극 사이



(d) 광의 세기가 큰 다른 ITO전극 위

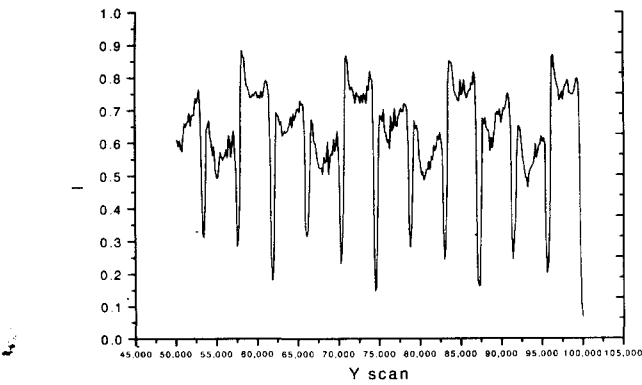


(e) 다른 ITO전극 바깥쪽

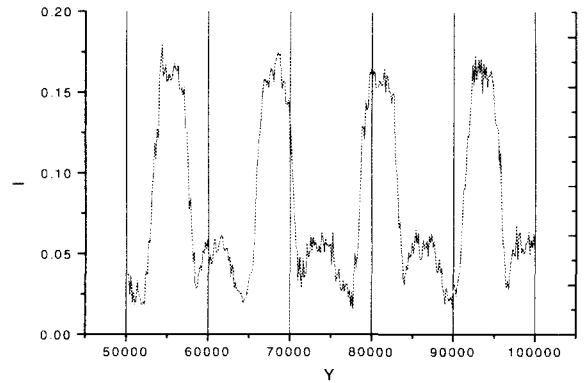
그림 8 165V에서 측정된 Y-Z평면에서의 방출 광 분포  
 Fig. 8 Emitted light intensity distribution of Y-Z plane which is measured at 165V

4.2 Panel에 도포된 형광체의 발광 분포

실험 장치에 450nm의 filter를 삽입하여 RGB 형광체가 도포된 panel에서 방출되는 광 중 청색 형광체로부터 방출되는 광의 3차원 측정을 하였다. 방전유지전압은 165V였다. 그림 9(a)에 RGB 형광체가 도포된 panel에서 X축으로 1차원 주사할 때 방출되는 광의 세기를 나타냈다. 대칭 cell에서 방출되는 RGB 광의 세기가 R>G>B의 순으로 각각 다르다는 것을 알 수 있다. 그리고 그림 9(b)에 450nm의 filter를 삽입하였을 때 검출되는 블루 광의 세기를 나타냈다. 검출되고 있는 광이 블루 형광체로부터 방출된 광임을 확인시켜주는 그림이다.



(a) X축으로 주사 시 RGB cell에서 방출되는 광의 세기 (1차원)

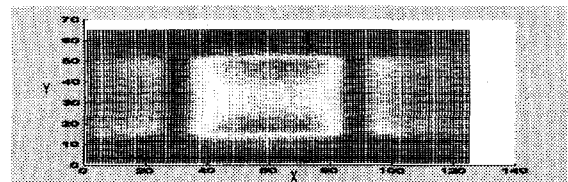


(b) X축으로 주사 시 블루형광체에서 방출되는 광의 세기 (1차원)

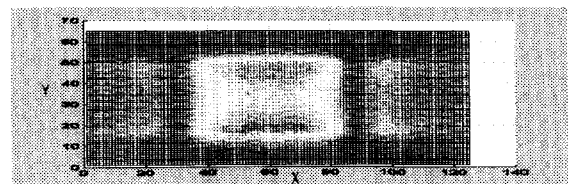
그림 9 X축으로 주사 시 블루형광체에서 방출되는 광의 세기 (1차원)

Fig. 9 Intensity of light emitted which is X axial scan (1-D)

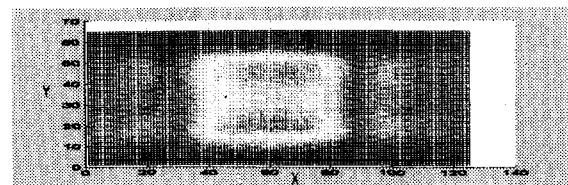
그림 10에 형광체가 있는 panel에서 Z축 scan시 10 $\mu$ m 마다 나타나는 X-Y평면 중 대표적인 특징을 나타내는 평면을 나타냈다. 전면판에 가까운 격벽쪽에서 검출되는 광의 세기가 가장 컸으며, 배면판쪽으로 갈수록 검출되는 광의 세기는 작아졌다. 또한, 격벽 높이가 180 $\mu$ m일 때 배면판에 도포되어 있는 형광체보다 격벽에 도포되어 있는 형광체에서 검출되는 광의 세기가 훨씬 큰 것으로부터 격벽에 도포되어 있는 형광체의 역할이 중요함을 알 수 있다.



(a) 10 $\mu$ m 진행한 X-Y평면

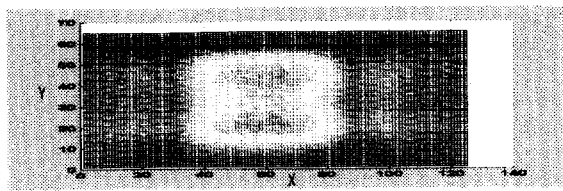


(b) 40 $\mu$ m 진행한 X-Y평면

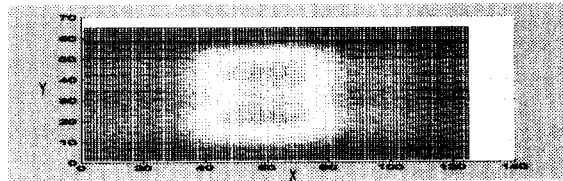


(c) 70 $\mu$ m 진행한 X-Y평면

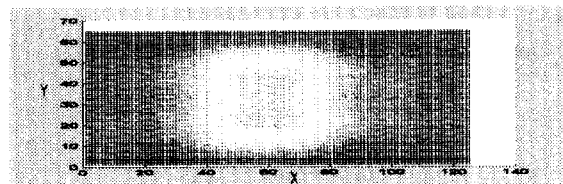
참 고 문 헌



(d) 100 $\mu$ m 진행한 X-Y평면



(e) 1400 $\mu$ m 진행한 X-Y평면



(f) 180 $\mu$ m 진행한 X-Y평면

그림 10 Z축 scan시 나타나는 이미지

Fig. 10 Images of Z axial scan

5. 결 론

직접 고안하여 제작한 scanned point detecting system을 사용하여 PDP cell 내에서 방출되는 광을 3차원으로 측정하였다.

- (1) ITO전극에 근접할수록 검출되는 광은 점점 증가하였다. 그리고 ITO전극의 안쪽 edge부분에서 검출된 광세기는 ITO전극의 다른 부분에서 검출된 광보다 큰 것을 알 수 있다.
- (2) Y축 측정에서는 격벽 가까운 곳에서는 검출되는 광의 세기가 작고 격벽과 격벽 사이의 중심부위로 갈수록 검출되는 광의 세기가 증가하였다. 또한 전압이 증가함에 따라 이온화가 더 많이 되어 방전 영역이 넓어지면서 광의 세기도 증가한다.
- (3) 형광체가 도포되어있는 패널에서는 격벽에 도포된 형광체쪽에서 검출된 광의 세기가 크고 중요한 역할을 한다는 것을 알 수 있다.

감사의 글

본 연구는 정보통신부 "대학정보통신연구센터 (University Information Technology Research Center, ITRC) 지원사업"의 일환으로 수행되었습니다

- [1] Hiroshi Murakami, "Progress in HDTV PDP Technologies at NIIK", Asia Display 98, workshop digest, pp.227-238, 1998
- [2] Mitsuhiro Kurashige, "The Challenge of Next generation PDPs for the Hi-Vision PDP Consortium in Cooperation with the Micro-discharge Research Society established in 1997", Asia Display 98, workshop digest, pp.223-226, 1998
- [3] T. Komaki, H. Taniguchi, K. Amemiya, "High luminance AC-PDPs with Waffle-structured Barrier Ribs", IDW'99, pp.587-590, 1999
- [4] K. Wani, "A Novel Driving Scheme and Panel Design for Realization of a Picture Quality Equivalent to CRTs", IDW'99, pp.775-778, 1999
- [5] Larry F. Weber, "The Promise of Plasma Displays for HDTV", SID 00 digest, pp.402-405, 2000
- [6] 박현진, 최훈영, 이석현, 서정현, 황기웅, "칼라 플라즈마 디스플레이 패널용 가스최적화 시뮬레이션과 아르곤 첨가에 의한 진공사외선 발광효율 개선", 대한전기학회논문지, 제 47권 3호, pp.372-380, 1998
- [7] Georgios Veronis, and Umran S. Inan, "Optimization of the Luminous Efficiency of Plasma Display Panel Using Numerical Modeling", SID'01, pp.770-773, 2001
- [8] T. Shinoda, H. Uchiike, "Low-Voltage Operated AC Plasma Display Panels", IEEE Trans. on electron dev., Vol ED-29, No. 3, pp.247-253, 1982
- [9] Eugene Hecht, "Optics", Addison-Wesley Publishing Company, pp. 1987
- [10] Joseph W. Goodman, "Introduction to Fourier Optics", McGraw Hill Book company, pp. 1968
- [11] Min Gu, "Principles of Three Dimensional Imaging in Confocal Microscopes", World Scientific, pp. 1996
- [12] Tony Wilson, Colin Sheppard, "Theory and Practice of Scanning Optical Microscopy", Academic Press, pp. 1983
- [13] Jae Sung Kim, Chung Huan Jeon, Eun Cheol Lee, Young Joon Ahn, Seok Dong Kang, Sung Yong Ahn, Yung Kyo Shin, Jae Hwa Ryu and Jerry D. Schemerhorn, "Application of the New Panel Structure for High Luminous Efficiency in AC-PDPs", SID'00 DIGEST, pp.102-105, 2000
- [14] H.S.Jeong, Y.Murakami, Y.Takano, M.Seki, and H.Murakami, "Investigation on Gas Discharge Emission Profile in an AC PDP Cell Using 3 Dimensional Simulation", IDW'00, pp.747-750, 2000

저 자 소 개



최 훈 영 (崔勳永)

1970년 3월 10일생. 1996년 인하대 전기공학과 졸업. 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학석사). 1999~현재 인하대 전기공학과 박사과정

Tel : 032-860-7402

Fax : 032-863-5822

E-mail : g1991156@inhavision.inha.ac.kr



이 승 걸 (李升杰)

1960년 1월 5일생. 1982년 인하대 응용물리학과 졸업. 1984년 한국과학기술원 물리학과 졸업(이학석사). 1987년 동대학원 물리학과 졸업(이학박사). 1987년~현재 인하대 정보통신공학부 교수

Tel : 032-860-7433

Fax : 032-873-8970

E-mail : sglee@inha.ac.kr



이 석 현 (李 哲 賢)

1963년 2월 3일생. 1985년 서울대 전기공학과 졸업, 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학석사). 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1993년~1995년 현대전자 반도체연구소 선임연구원. 1995년~현재 인하대 전자전기공학부 부교수.

Tel : 032-860-7392

Fax : 032-863-5822

E-mail : plasma@inha.ac.kr