

플라즈마 디스플레이 패널에서 방출되는 광의 3차원 측정을 위한 Scanned Point-Detecting System

최현영[†] · 이석현 · 이승길

인하대학교 공과대학 전기공학과 플라즈마 연구실
Ⓣ 402-751 인천시 남구 용현동 253번지

(2001년 1월 8일 받음, 2001년 4월 9일 수정본 받음)

플라즈마 디스플레이 패널(plasma display panel : PDP)에서 방출되는 광의 3차원 분포를 측정하기 위한 scanned point-detecting system(SPDS)을 고안하여 제작하였으며, 이 시스템을 이용하여 실제 PDP의 3차원 광 방출 특성을 측정하고 해석하였다. SPDS는 상면에 편홀이 달려 있는 광검출기(point detector)를 위치시킴으로써, 특정 지점으로부터 방출되는 광만을 검출할 수 있다. 3차원 물체의 특정 지점으로부터 방출된 광은 편홀을 지나 검출기로 모두 입사되지만, 다른 지점으로부터 방출된 광은 편홀 앞에서 미리 집중되거나, 편홀 뒤에서 집중될 것이므로, 이러한 광들은 편홀에 의해 대부분 차단될 것이다. 그러므로 물체의 특정 지점으로부터 방출된 광만이 편홀이 설치된 검출기에 의해 검출되어 진다. SPDS를 이용하여 PDP cell 내에서 측정된 3차원 광 intensity 분포로부터 cell 내의 방전현상을 다음과 같이 유추해낼 수 있었다. Z축 측정이 진행될수록 광의 intensity는 증가하였고, ITO전극의 안쪽부분에서 검출되는 광의 intensity가 가장 컸고, Y축 scan시 나타나는 X-Z평면에서 광의 intensity가 격벽과 격벽의 중심부분에서 가장 크게 나타났다.

분류코드 : SM.010, OT.010.

I. 서 론

PDP는 1 mm³ 이하의 좁은 공간에서 기체 방전시에 발생하는 진공자외선을 이용하여 Red, Green, Blue의 형광체를 여기하여 칼라를 구현하는 디스플레이 소자이다. 1964년 Illinois 대학의 Bitzer와 Slottow에 의해 고안된 교류형(AC) 플라즈마 디스플레이 패널(plasma display panel : PDP)은 1995년을 기점으로 연구개발이 집중되어 2000년 현재 42인치에서 55인치 급까지 제품화되었고, 60인치 급 이상이 한국과 일본에서 개발되어 제품화를 앞두고 있다.^[1,2]

하지만 가정에서 주로 사용되고 있는 칼라 텔레비전(cathode ray tube : CRT)이 약 5 lm/W, 노트북에서 주로 사용되고 있는 액정 디스플레이(liquid crystal display : LCD)가 2-3 lm/W의 발광 효율을 가지고 있다. 반면 PDP는 약 1 lm/W의 낮은 효율을 가지고 있어 이의 개선이 필요하며 현재 2 lm/W를 목표로 많은 연구가 진행되고 있고, 5 lm/W 까지를 최종목표로 하고 있다.^[3] PDP의 낮은 효율을 개선하기 위해 지금까지 신 재료 개발, 전극 구조의 개선, 새로운 가스 혼합비의 선택, 전력회수 회로를 채용한 구동 방법과 2차원 시뮬레이션과 측정을 통한 방전 물리의 이해 등 다양한 연구가 진행되어왔다.^[4] 최근 들어 1 mm³ 이하의 좁은 PDP cell에서의 3차원 시뮬레이션을 통해 보다 정확한 방전 현상을 이해하려는 노력들이 시도되고 있다. 그리고 3차원 구조를 갖는 PDP cell에 대한 3차원 측정이 요구되고 있지만 현재까지 PDP cell의 3차원 측정 결과는 보고된 바가 없다.

본 논문에서 PDP에서 방출되는 광의 3차원 측정과 해석을 위한 scanned point-detecting system(SPDS)을 고안하고 구성하였으며, 측정시 전면판의 금속전극에 의해 광이 차단되는 영향을 배제하기 위해 배면판에서 측정을 시도하였으며, 이를 위해 형광체 없는 패널을 가지고 실험을 하였다. SPDS를 이용하여 비접촉식 방법으로 AC형 PDP의 방전 cell로부터 방출되는 광의 3차원 공간적 분포를 검출하였고 이 결과로부터 PDP cell내의 전계분포를 유추해 낼 수 있었다.

II. 이론적 배경

2.1. 2-D 측정 방식의 한계

PDP의 방전은 1 mm³ 이하의 좁은 공간에서 일어나기 때문에 방전 특성을 정확하게 진단하기가 매우 어렵다. 따라서 직접적인 측정보다는 PDP cell에서 방출되는 진공자외선이나 적외선 영역의 시공간적인 변화를 살펴보거나 수치해석을 통하여 간접적으로 확인하는 방법이 이용되고 있다. PDP cell에서 방출되는 광의 특성을 이해하기 위해 방출 광의 3차원적인 공간분포를 측정해야 하나 지금까지 ICCD(Image intensified charge coupled device)를 이용한 2차원 측정이 주를 이루었다. PDP에서 방출되는 광의 2차원적인 측정 방식의 한계와 새로운 방법의 원리를 이해하기 위해서는 결상계에서 상이 형성되는 과정을 먼저 살펴보아야 한다. 그림 1에 결상계에 의한 2차원 물체의 결상 과정을 나타냈다.

그림 1에서 2차원 물체(object)에 관한 상의 결상 과정을 보면, 물체의 한 점으로부터 방출된 광선(실선)은 결상계 혹은 렌즈에 의해 오른쪽의 상면(image plane)위의 한 점으로 모이

[†]E-mail: g1991156@inhavision.inha.ac.kr

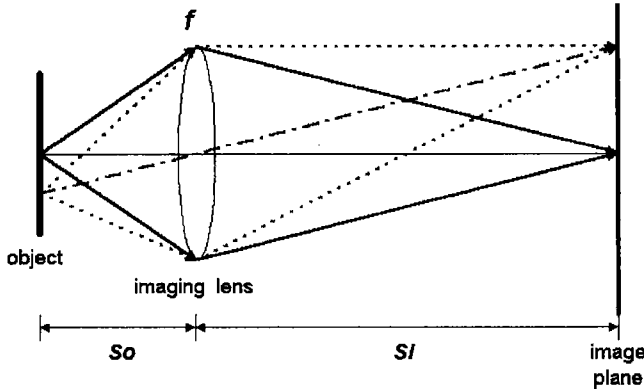


그림 1. 결상계에 의한 2차원 물체의 결상.

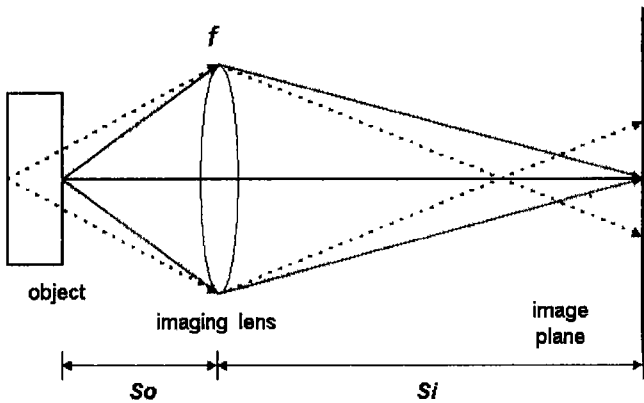


그림 2. 결상계에 의한 3차원 물체의 결상.

게 된다. 물론, 물체의 다른 점으로부터 방출된 광선(점선)은 상면 위의 다른 대응점에 모일 것이다. 그러나, 그림 2와 같이 물체가 3차원 구조를 갖는다면 물체 거리 및 상 거리의 관계에 따라, 물체의 어떤 점으로부터 방출된 빛은 결상계에 의해 상면 위의 한 점에 정확히 모이지만, 그렇지 않은 물체의 점으로부터 방출된 광선(점선)은 상면 위의 한 점에 집중되지 못한다.

이러한 이유로 인해 보통의 결상계 혹은 결상방식으로는 3차원 상을 관찰할 수 없게 된다. 즉, PDP cell의 방출특성을 측정한다는 관점에서 보면, 기존의 측정 방식으로는 PDP cell로부터 방출되는 광의 3차원 분포를 측정할 수 없다. 만일 그림 2에서 물체 대신에 PDP cell을, 상면 대신에 2차원 CCD array를 각각 위치시킨다면, CCD array의 각 pixel에서 검출된 신호는 PDP cell 내부의 한 점으로부터 방출된 광뿐만 아니라, 광축(optical axis)과 나란한 상에 놓인 모든 점들로부터 방출된 광의 합이 될 것이다. 그러므로 기존 방식을 이용할 경우, PDP cell의 3차원 방출특성을 측정하는 것이 아니라, 가로축 방향(광축 방향)으로 누적된 2차원 방출특성을 측정하게 된다.

2.2. 3-D 측정 방식의 제안 : Scanned Point-Detecting System

그러나, 그림 3과 같이 상면에 핀홀이 달려 있는 광검출기(point detector)를 위치시킴으로써, 특정 지점으로부터 방출되

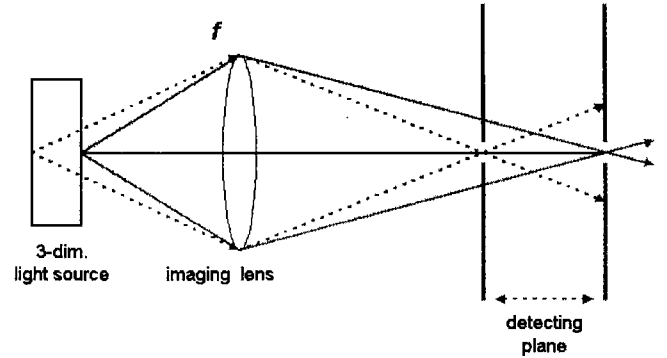


그림 3. Scanned point-detecting method의 원리.

는 광만을 검출할 수 있다. 3차원 물체의 특정 지점으로부터 방출된 광은(실선) 핀홀이 놓여있는 평면 위에 정확히 집중되므로 핀홀을 지나 검출기로 모두 입사되지만, 다른 지점으로부터 방출된 광(점선)은 핀홀 앞에서 미리 집중되거나, 핀홀 뒤에서 집중될 것이므로, 이러한 광들은 핀홀에 의해 대부분 차단될 것이다. 그러므로 물체의 특정 지점으로부터 방출된 광만이 핀홀 오른쪽에 설치된 검출기에 의해 검출될 수 있게 된다. 핀홀을 사용함으로써, 한번에 한 지점으로부터 방출된 광의 세기만을 측정하게 되지만, point detector를 3차원으로 주사하면, PDP cell 내부에서 3차원 광 방출 특성을 측정할 수 있을 것이다.^[10-12] scanned point-detecting system(SPDS)에 filter를 사용하면 진공 자외선(147 nm), 가시광선(620 nm) 및 근적외선(828 nm, 823 nm) 등을 선택적으로 측정할 수 있으며, 진공 자외선을 측정할 경우 SPDS를 진공시스템으로 제작하여야 한다. 이와 같이 2차원 측정에 사용된 CCD 대신에 point detector를 3차원으로 주사하는 측정 장치를 SPDS이라 명명한다.

III. 실험 방법

3.1. 3-D 측정 장치

그림 4에 PDP cell의 3차원 광 방출 특성 측정 장비의 개략도를 나타냈다. 고안된 측정 시스템은 XYZ 주사장치, 현미경 대물렌즈, 핀홀, PM tube, 및 증폭기로 구성된다. 측정 시스템의 현미경 대물렌즈는 고 배율이어야 하며 3차원 측정을

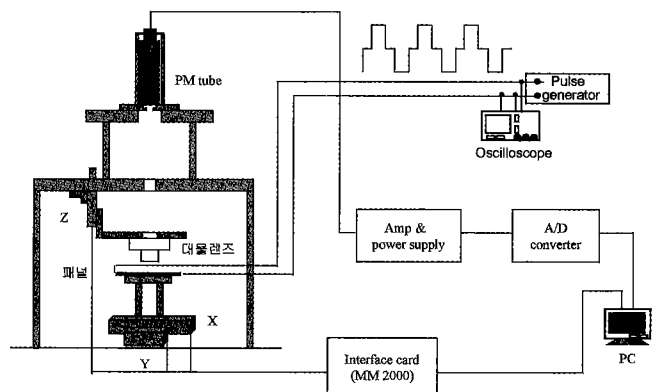


그림 4. 3차원 측정 장비 개략도.

위해 측정되어지는 PDP와의 거리가 길어야 하므로 반사형 대물렌즈를 사용하여야 한다. 이를 위해 현미경 대물렌즈로부터 측정되어지는 PDP와의 거리는 8.6 mm이고 배율 및 수치구경 (NA)이 각각 $\times 36$, 0.5인 반사형 대물렌즈(Ealing社 25-0522)를 사용하였으며, 광 검출기로는 head-on type의 300-900 nm 측정 파장 범위를 가지는 PM tube(Hamamatsu社 R2228)를 사용하였다. 그리고, Ne-Xe 혼합가스에서 방출되는 580 nm의 광을 측정하기 위해 반경 25 μm 인 핀홀을 사용하였다. PM tube로부터 받은 신호를 증폭하기 위해 증폭기(amplifier, EG&G Ortec 社)를 사용하였다. PDP cell에서 방출되는 광은 현미경 대물렌즈에 의해 결상되며, 이 중에서 핀홀에 집속된 광만 PM tube에 의해 감지되고 증폭기에서 증폭된 후 AD/DA converter를 통해 PC에서 데이터를 받아들일게 된다. 3차원 측정은 각 점에 대해 time average로 측정되었으며 증폭장치에서 1개의 data를 수용하는데 10 μs 의 시간이 걸린다.

제한된 측정 방식에서 핀홀 반경은 측정 장치의 분해능과 신호 대 잡음비에 절대적인 영향을 미친다. 예를 들어 핀홀 반경이 작을수록 분해능은 향상되지만, 검출되는 신호의 크기가 상대적으로 감소하게되어 신호 대 잡음비는 나빠지게 된다. 그러므로 측정 장치를 구성하는데 있어 적절한 핀홀 반경을 결정하는 문제는 매우 중요한 것이 아닐 수 없다. 이러한 문제를 해결하기 위해 제안된 측정 시스템에 결상이론^[13-15]을 적용하여 핀홀 반경에 따른 공간 분해능의 관계를 계산해 보았다. 그 결과는 그림 5와 같으며, 파장 값으로 580 nm을 사용하였다. 그림 5에서 핀홀 반경이 25 μm 이하인 경우, 공간 분해능이 더 이상 개선되지 않음을 알 수 있으므로, 측정 장치를 구성하기 위한 최적 반경 값으로 25 μm 을 결정하였으며, 이때의 공간 분해능은 4.8 μm 이다.

측정에 사용된 PDP cell은 Ne-Xe(4%) 혼합가스가 400 torr의 압력으로 채워진 panel이며 10 kHz의 구동주파수를 사용하여 165V의 방전 유지 전압에서 실험을 수행하였다. 그림 6은 사용된 패널의 구조를 나타낸 것이다. 전면판에서는 금속전극에 의해 방출되는 광이 차단되기 때문에 배면판에서 측정이 이루어졌다. 이 경우 형광체가 없는 패널을 사용하여 배면판에서의 측정이 용이하도록 하였다. ITO 전극 폭은 360 μm 이고 ITO 전극과 ITO 전극사이의 거리는 60 μm 이다. 그리고

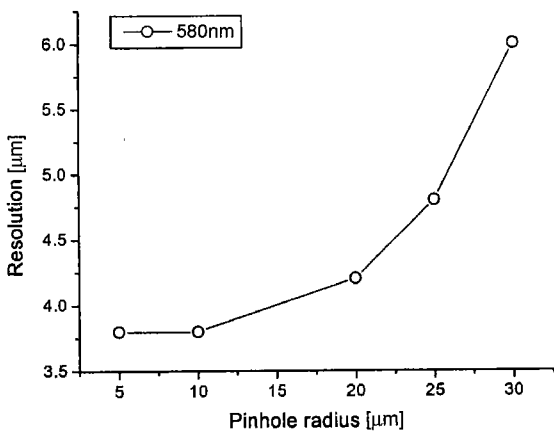


그림 5. 3차원 측정 장치의 pinhole 크기에 따른 공간분해능.

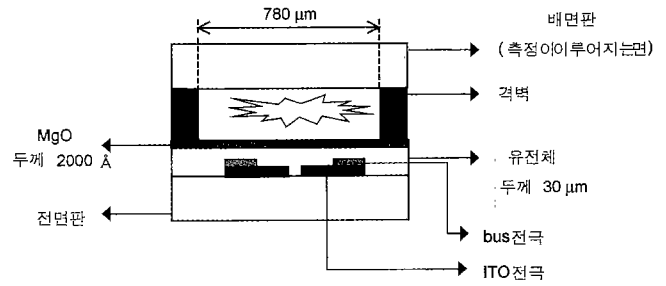


그림 6. panel의 구조.

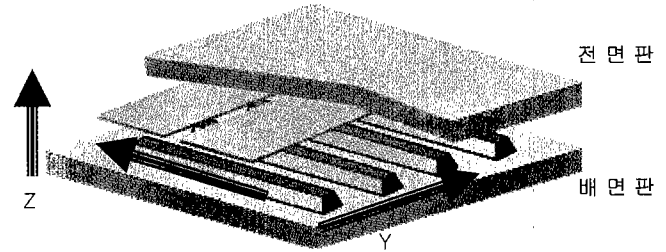


그림 7. 3차원 주사 방향.

격벽의 높이는 180 μm 이며 격벽과 격벽사이의 거리는 780 μm 이다.

그림 7은 PDP cell의 X, Y, Z축의 주사 방향을 나타낸 것으로 이하 실험 결과에서 언급된 주사방향은 이 정의를 따른다. X축 방향의 주사는 ITO전극에 수직한 방향이고, Y축 방향의 주사는 ITO전극에 평행한 방향이면서 격벽에는 수직한 방향이다. 또한 Z축 방향은 전면판의 bus전극 부분이 급속이므로 방출되는 광이 투과를 못하기 때문에 이 부분의 영향을 고려하지 않기 위해 배면판에서 전면판으로 진행하면서 측정하게 되었다.

IV. 실험 결과

본 논문에서 제안한 측정 시스템을 이용하여 PDP cell을 X축으로 1050 μm , Y축으로 800 μm , Z축으로 200 μm 를 각각 step size 10 μm 로 주사하면서 cell로부터 방출되는 빛의 분포를 측정하였다. 측정 시스템에서 X축, Y축, Z축의 측정 데이터는 실험을 통해 동시에 PC를 통해 얻어지게 된다.

4.1. Z축 scan (X-Y 평면)

그림 8에 방전 유지 전압이 165 V인 경우 Z축 주사시 10 μm 마다 나타나는 X-Y평면 중 대표적인 특징을 나타내는 평면을 나타냈다. 배면판에서 전면판으로 진행하면서 측정되어지기 때문에 Z축 방향으로 진행될수록 전극과 가까워지게 된다. ITO전극으로 Z축 방향의 측정이 진행될수록 검출되는 광의 세기는 점점 증가하였다. 이것으로부터 panel의 격벽 높이에 따른 공간에서는 ITO전극 위에서의 전체의 세기가 가장 크다는 것을 알 수 있다. 그리고 ITO전극과 ITO전극 사이의 안쪽 부분에서 가장 큰 광의 세기가 검출되었는데 이것은 면 방전에서 ITO전극의 안쪽 부분에서 가장 큰 전계가 형성됨을

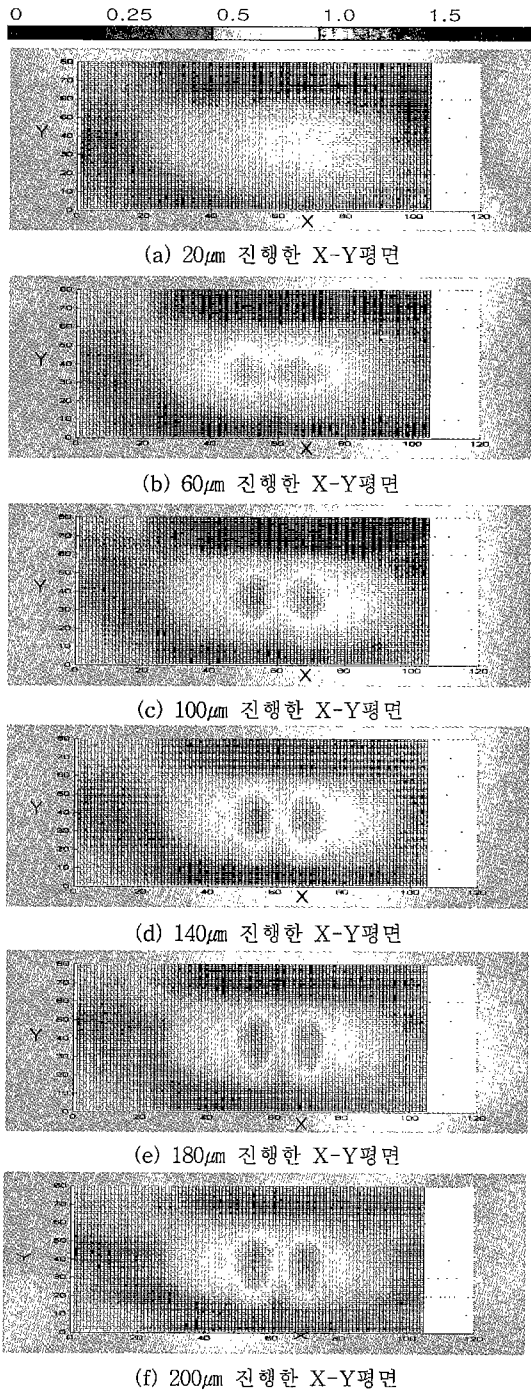


그림 8. 165V에서 측정된 X-Y평면 중 대표적인 평면.

나타낸다. 이것은 기존의 2차원 데이터와 같은 결과이다. 하지만 본 실험은 3차원 측정실험이므로 기존의 2차원 측정에서는 볼 수 없는 격벽의 높이에 따른 각 공간상의 전계 분포에 대한 정보를 얻을 수 있다.

4.2. Y축 scan (X-Z 평면)

그림 9에 165V에서 Y축 주사시 10 μm 마다 나타나는 X-Z평면 중 대표적인 특징을 나타내는 평면을 나타냈다. 격벽 가까운 곳에서는 검출되는 광의 세기가 작고 격벽과 격벽 사이

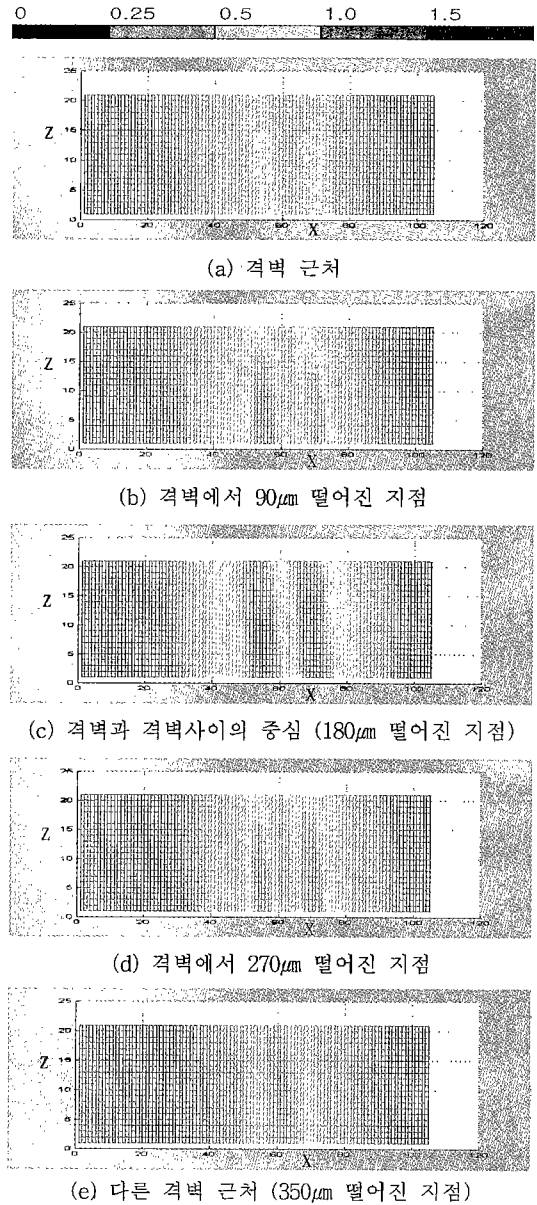


그림 9. Y축 주사 시 나타나는 이미지.

의 중심부위로 갈수록 검출되는 광의 세기가 증가하였다. 광의 세기로부터 PDP cell 내의 전계를 유추해낼 수 있다. 2차원 시뮬레이션들은 Y축 방향으로의 전계가 일정하다고 가정하고 수행되어지는데 보다 정확한 PDP의 방전 현상을 해석하기 위해서는 실험 결과에 나타난것과 같이 Y축 방향으로의 전계의 세기를 고려한 3차원 시뮬레이션의 필요성이 더욱 요구된다. Y축 scan시 나타나는 X-Z평면은 기존의 2차원 측정으로는 측정할 수 없고 3차원 측정을 통해서만 얻어질 수 있다.

4.3. X축 scan (Y-Z 평면)

그림 10에 X축으로 10 μm 마다 주사시 나타나는 Y-Z평면 중 대표적인 특징을 나타내는 평면을 나타냈다. X축 측정 결과로부터 4.1과 4.2에서 언급한 Z축, Y축 측정의 결과들에 대해 다시 한번 확인할 수 있었다. ITO전극의 안쪽부분의 광의

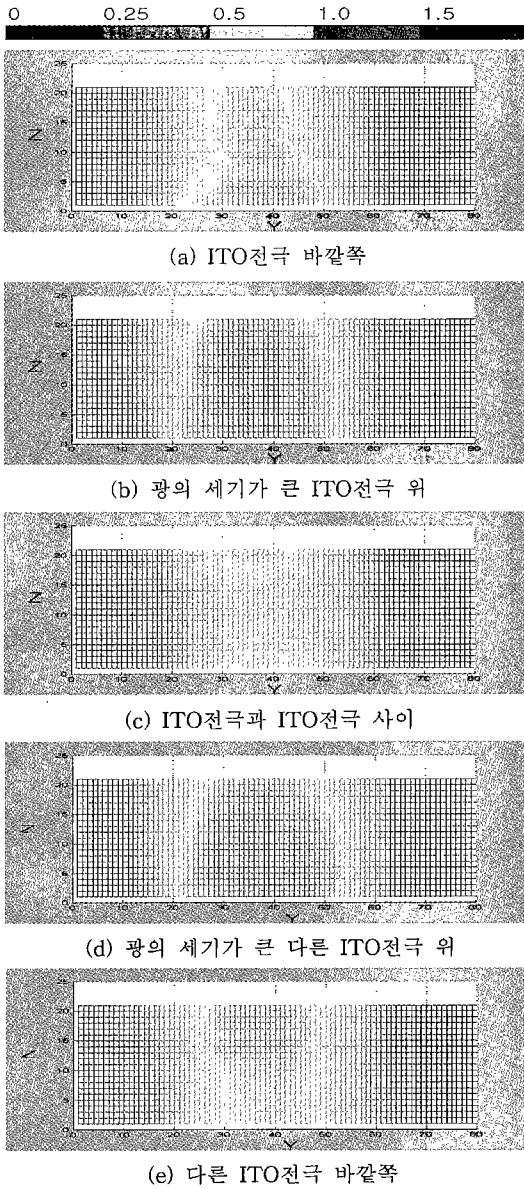


그림 10. X축 주사 시 나타나는 이미지.

세기가 ITO 전극과 ITO 전극 사이에서의 광의 세기보다 크게 나타났다.

V. 결 론

PDP 셀 내의 3차원 측정을 위한 scanned point detecting system을 고안, 제작하였으며, 이 장비를 이용하여 측정한 셀 내의 3차원 광의 세기 분포로부터 셀 내의 전계의 분포를 다음과 같이 유추해낼 수 있었다.

(1) Z축 측정이 진행될수록 광의 세기는 증가하였고, ITO 전

극의 안쪽부분에서 검출되는 광의 세기가 가장 크다.

(2) 검출된 광의 세기로부터 셀 내의 전계 분포를 알 수 있는데 3차원 측정을 통해 Y축 주사시 나타나는 X-Z평면에서 광의 세기가 격벽과 격벽의 중심부분에서 가장 크게 나타나는 것으로부터 2차원 시뮬레이션을 수행할 때 가정한 Y축으로의 전계가 일정하다는 것을 수정하여 구체적인 3차원 시뮬레이션을 수행함으로써 정확한 셀 내의 전계 분포를 고려할 필요가 있다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 선도기술개발사업의 연구지원에 의하여 진행되었습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] H. Murakami, *Asia Display 98* (Society for Information Display, Seoul, Korea, 1998), pp. 227-238.
- [2] W. C. Schindler, *IDW'99* (Society for Information Display, Kobe, Japan, 1999), pp. 735-738.
- [3] M. Kurashige, *Asia Display 98* (Society for Information Display, Seoul, Korea, 1998), pp. 223-226.
- [4] T. Shinoda, *SID '91 Digest* (Society for Information Display, USA, 1991), pp. 724-727.
- [5] M. Noborio *et al.*, *SID'94 Digest* (Society for Information Display, USA, 1991), pp. 727-730.
- [6] L. F. Weber and K. F. Warren, *SID '88 Digest* (Society for Information Display, USA, 1988), pp. 160-163.
- [7] 御子柴 茂生, *라즈마 디스플레이最新技術* (ED 리사 치社, 일본, 1996), Chapters 2-6.
- [8] Ki Woong Whang, Heui Seob Jeong, Jeong Hyun, Cha keun Yoon, and Joong Kyun Kim, *Asia Display 98* (Society for Information Display, Seoul, Korea, 1998), pp. 251-254.
- [9] H. Uchiike, *98 Asia Display Workshop on PDP* (Society for Information Display, Seoul, Korea, 1998), pp. 195-208.
- [10] E. Hecht, *Optics* (Addison-Wesley Publishing Company, 1987), Chapters 5-7.
- [11] J. W. Goodman, *Introduction to Fourier Optics* (Mcgraw-Hill Book Company, 1968), Chapters 2, 5.
- [12] T. Wilson and C. Sheppard, *Theory and Practice of Scanning Optical Microscopy* (Academic Press, 1983), Chapters 2-4.
- [13] 김대찬, 염경춘, 이승걸, *새물리*, vol. 37, no. 2, pp. 165-173, 1997.
- [14] 김대찬, 이승걸, *한국광학회지*, 제10권, 제3호, pp. 201-207, 1999.
- [15] 이종용, 홍경희 권우근, *한국광학회지*, vol. 7, no. 3, pp. 183-190, 1996.

The scanned point-detecting system for the three-dimensional measurement of light emitted from plasma display panel

Hoon Young Choi[†], Seok Hyun Lee, and Seung Gol Lee

Dept. of Electrical Engineering, Inha University, Incheon 402-751, KOREA

[†]E-mail: g1991156@inhavision.inha.ac.kr

(Received January 18, 2001 ; Revised manuscript received April 9, 2001)

In this paper, we designed and made the scanned point detecting system for 3-dimensional measurement of the light emitted from plasma display panel (PDP), and we measured and analyzed 3-dimensional light emitted from a real PDP by using this scanned point detecting system. The scanned point detecting system has a point detector with a pinhole. The light emitted from the source at the in-focus position can pass through the pinhole and be collected by detector. The light from other sources at out-of-focus positions is focused at points in front of or behind the pinhole, and thus it is intercepted by the pinhole. Therefore, we can detect light information from a particular point of a PDP cell of 3-dimensional structure. We know the electric field distribution inside the PDP cell from the 3-dimensional light intensity distribution measured by using the scanned point detecting system. As the Z axial measurement increases, the intensity of light detected increases and intensity of light detected on the inside edge of the ITO electrode is larger than outside edge of the ITO electrode and gap of the ITO electrodes. Also, as the measurement point moves from one barrier rib to another, the detected light is weaker near to the barrier ribs than at the center between the barrier ribs. The emitted light is concentrated at the center between barrier ribs.

Classification codes : SM.010, OT.010.