플라즈마 디스플레이 패널에서 압력에 따른 3차원 시간 분해 측정

論 文
52C-10-10

The Measurement of Three-Dimensional Temporal Behavior According to the Pressure in the Plasma Display Panel

崔 勳 永* · 李 哲 賢** · 李 升 杰***
(Hoon Young Choi, Seok Hyun Lee, Seung Gol Lee)

Abstract - In this paper, we have performed 3-dimensional time-resolving measurement of the Ne light emitted from the cell of plasma display panel(PDP) as a function of the pressure using the scanned point detecting system. From the temporal behavior results, we could analyze the discharge behavior of panel with Ne-Xe(4%) mixing gas and 300 torr, 400 torr and 500 torr pressure. At the top view of panel, the discharge of 300 torr panel starts at the 634 ns and ends at the 722 ns. The emission duration time is about 90 ns. The discharge of 400 torr panel starts at the 682 ns and ends at the 786 ns. the emission duration time is about 100 ns. Also, the discharge of 500 torr panel starts at the 770 ns and ends at the 826 ns. the emission duration time is about 56 ns. The discharge moves from inner edge of cathode electrode to outer cathode electrode forming arc type. In the side view of 300 torr, 400 torr and 500 torr an emission shows that the light is detected up to 180 ㎛, 150 ㎛ and 70 ㎛ height of barrier rib and the emission distribution of the 300 torr is wider than 400 torr, 500 torr.

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

1. 서 론

2 lm/W 정도의 낮은 효율을 나타내는 플라즈마 디스플레이 패널의 효율을 향상시키기 위해서는 휘도를 향상시키는 면과 소비전력을 낮추는 면이 동시에 고려되어야 한다. 지금까지 휘도 향상을 위해 수치해석을 통한 방전 현상 연구, 혼합가스의 조성비와 압력 변화에 따른 연구, 다양한 격벽 구조에 관한 연구, sustain 전극의 위치 및 폭에 관한 연구 등이 수행되어 왔고,[1-6] 소비전력을 낮추기 위해 전력회수 회로에 관한 연구와 TERES 회로 등의 연구가 수행되어 왔다.

최근 들어 패널의 셀에서 발광되는 광을 IICCD(Image-Intensified Charge Coupled Device), OES(Optical Emission Spectroscopy), LAS(Laser Absorption Spectroscopy) 등의 방법을 이용하여 2차원 또는 3차원적으로 측정하여 기초적인 방전 현상을 이해함으로써 휘도 향상에 기여하는 연구가 활발하게 진행되고 있다.[7-9] 그러나 IICCD와 OES를 이용한 방법은 광축으로의 누적된 2차원 측정만 가능하고, 측면 측정 시에는 완성 패널의 경우 불투명한 격벽으로 인해 측정의 어려움이 있기 때문에 격벽 부분을 투명하게 만든 특수한 셀을 제작하여야 하는 단점이 있다. 그러나 셀 내의 point source에 대한 정보를 쉽게 얻을 수 있는 Scanned Point-Detecting System을 이용하면 완성 패널에서의 광을 3차원적으로 동시에 측정할 수 있다는 장점이 있다.[10]

Ne-Xe(4%)의 혼합가스가 300 torr, 400 torr, 500 torr의 압력으로 채워진 완성 panel에서 방출되는 광을 165 V의 일정한 전압에서 3차원 시간 분해하여 방전 특성을 살펴보았다. 즉, 본 논문은 방전전압을 일정하게 하고, 압력의 변화에 따른 3차원 시간 분해 결과를 나타낸 것이다.

2. 실험 방법

Scanned Point-Detecting System(SPDS)을 이용하면 X, Y, Z축 각각의 공간 측정을 통해 하나의 방전 셀의 범위에 대한 정보를 얻을 수 있으며 선택된 셀의 범위에 대한 3차원 시간 분해 측정을 할 수 있다.[11,12] 시간 분해 측정 시 Z축의 최고 intensity 위치에서 XY평면을, Y축의 최고 intensity 위치에서 XZ평면을 측정하였다. 3차원 시·공간 장치의 개략도를 그림 1에 나타내었다. 셀에서 방출된 광은 대물렌즈와 filter를 거쳐 PM Tube에서 검출되어진다. PM Tube는 오실로스코프와 연결하여 PM Tube에서 검출되어진 광 파형을 오실로스코프에서 확인할 수 있으며 3차원 시간 분해 실험시에 측정할 시간 범위를 오실로스코프 화면에 나타난 광 파형을 통해 결정할 수 있다. 오실로스코프에 나타난 광 신호는 GPIB 보드를 통해 컴퓨터에서 데이터를 받도록 되어있으며 X, Y, Z stage와 A/D converter, 오실로스코프를 PC를 통해 제어를 할 수 있게 하여 측정의 편리성을 도모했다. SPDS를 이용하여 공간 분해능은 10 ㎛, 시간 분해능은 2 ns로 하여 측정하였다.

* 準 會 員 : 仁荷大 工大 電子電氣工學部 博士後課程
** 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 電子電氣工學部 教授 · 工博
接受日字 : 2002年 7月 5日
最終完了 : 2003年 8月 24日

실험에 사용된 패널은 Ne-Xe(4%) 혼합가스로 채워져 있고 형광체가 없는 패널을 사용하였다. Xe^* 여기종에서는 $Xe^*(^2p_5)$와 $Xe^*(^2p_6)$의 에너지 준위에서 $Xe^*(^3p_1)$와 $Xe^*(^3p_2)$의 에너지 준위로 각각 천이할 때 828 ㎚와 823 ㎚의 파장을 가지는 적외선이 방출되고, $Xe^*(^3p_1)$와 $Xe^*(^3p_2)$의 에너지 준위에서 $Xe(^5p_6)$ 준위로 천이할 때 각각 147 ㎚와 173 ㎚의 파장을 가지는 진공자외선이 방출된다. Xe^* 여기종에서 방출되는 진공자외선은 형광체를 여기시키는 중요한 역할을 한다. 하지만 본 실험에서는 형광체가 없는 패널을 사용하였기 때문에 상대적으로 광의 세기가 큰 Ne에 의한 광 방출이 주를 이룬다. 따라서, 본 실험에서는 파장 598 ㎚에서 최대 투과율이 0.61이고 반치폭(FWHM)이 37 nm인 filter를 사용하여 Ne에 의해 방출되어지는 광을 측정하고자 하였다.

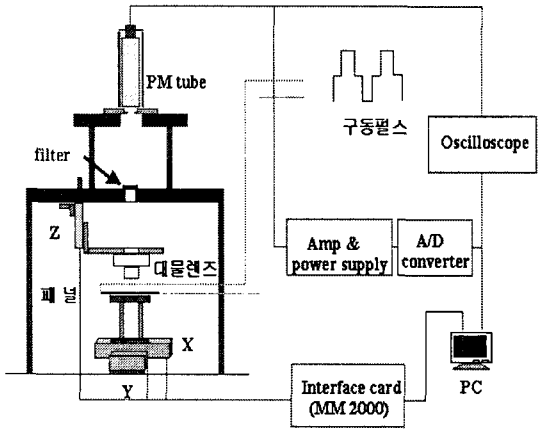


그림 1 3차원 시간 분해 측정 장치의 개략도
Fig. 1 Schematic of 3-dimensional time behavior measurement system

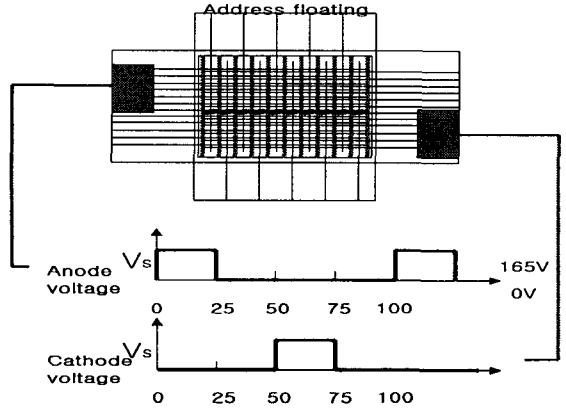


그림 2 패널에 인가되는 구동 pulse
Fig. 2 Driving pulse supplied to panel

시간 분해 측정에 사용된 구동 파형은 그림 2에 보이고 있는 것처럼, 주기가 100 ㎲이고 on-duty ratio가 25 %인 전압 펄스를 패널에 인가하였다. 측정 시간의 기준점은 트리거 펄스가 상승하기 시작하는 때로 정했으며 실제 패널에 인가되는 방전전압이 상승하기 시작하는 때와 동일하게 맞췄다. 300 torr, 400 torr, 500 torr로 채워진 패널의 방전 개시 전압은 각각 178 V, 180 V, 197 V였고 최소 방전 유지전압은 각각 143 V, 146 V, 158 V였다. 일정한 전압에서의 압력에 따른 방전 현상을 알아보기 위해 165 V의 고정 전압에서 실험을 하였다. 그림과 같이 sustain 전극의 1개 line을 방전시켰으며 address전극은 전기적으로 어떤 연결도 하지 않은 floating 상태로 하였다. 따라서 본 실험은 sustain 전극에 의한 면방전 현상을 3차원적으로 시간 분해하여 측정한 것이다.

그림 3은 사용된 패널의 구조와 3차원 주사 방향을 나타낸 것이다.

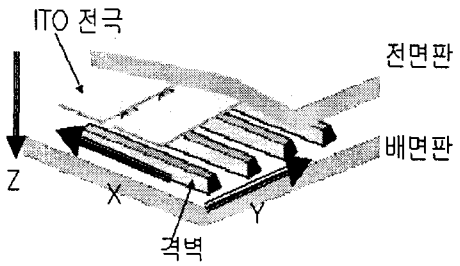


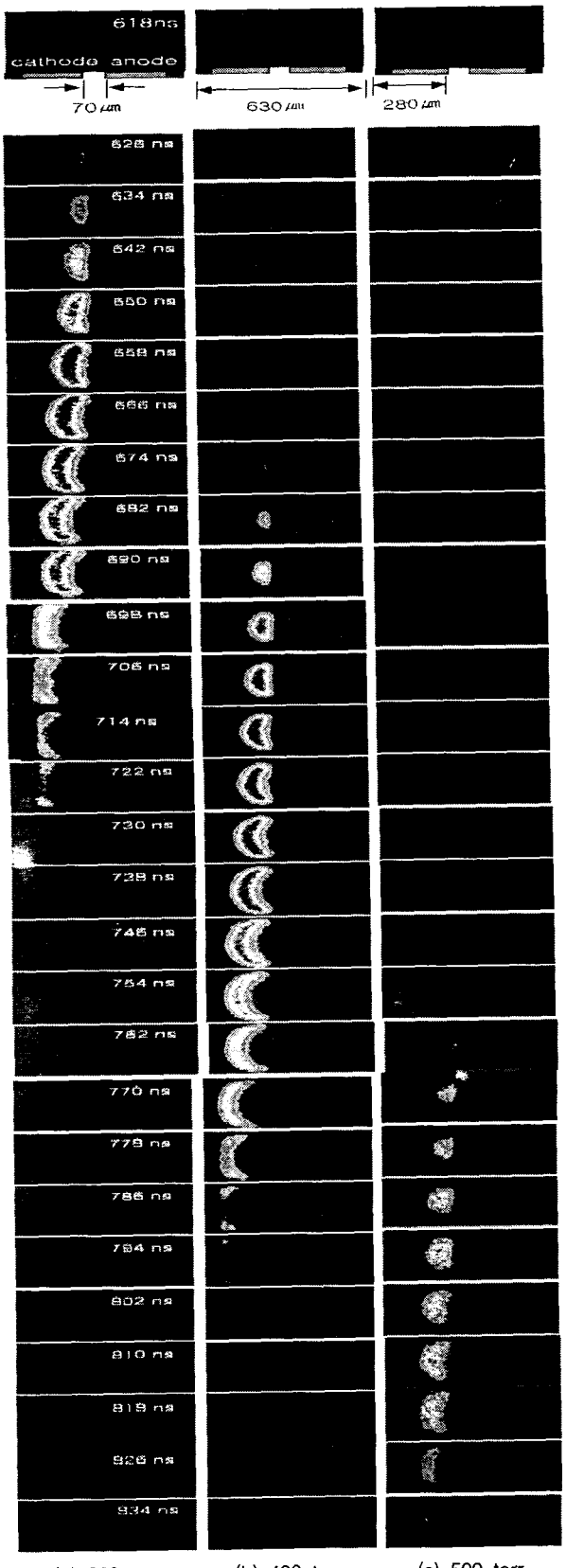
그림 3 패널의 구조와 3차원 측정 방향
Fig. 3 Structure of panel and 3-dimensional scan direction

형광체가 없는 패널을 사용하여 방전 셀 내에서의 방전 형상을 보다 정확하게 측정하고자 하였다. 실험에 사용된 300 torr, 400 torr, 500 torr 압력의 패널 사양을 보면 ITO전극 폭이 300 ㎛, bus전극 폭 80 ㎛, ITO전극과 ITO전극사이는 70 ㎛, 격벽과 격벽사이는 300 ㎛, 그리고 격벽 높이는 180 ㎛인 것을 사용하였다. 실제 측정에서의 X축 방향의 주사는 ITO전극에 수직한 방향으로 630 ㎛의 범위에서, Y축 방향의 주사는 ITO전극에 평행한 방향이면서 격벽에는 수직한 방향으로 400 ㎛의 범위에서 측정하였다. 또한 Z축 방향은 전면판에서 배면판으로 진행하면서 180 ㎛의 범위에서 측정하였다.

3. 결과 및 검토

3.1 패널 전면에서의 시간분해 측정

그림 4에 패널의 전면에서 측정된 압력별 시간 분해 특성을 나타내었다. 본 실험에서는 Ne 여기종에 의해 방출되어지는 광을 측정했으므로 양극에서의 striation은 나타나지 않았다. 양극에서의 striation 현상은 주로 전리전압이 낮은 Xe^* 여기종에서 나타나며 전리전압이 높은 Ne 여기종에서는 나타나지 않는 것으로 사료된다.[7] 본 실험은 165 V의 고정전압에서 수행되었으며 압력에 따라 방전으로 인해 광이 방출되어지는 시간을 비교해보면 300 torr, 400 torr, 500 torr의 순서로 빠르게 나타났다. 이것은 전기장(electric field, E)에 의한 기체의 방전개시 특성은 이온화계수(α)를 이용한 Townsend 모델로 간략하게 설명 할 수 있다. 일반적인 경우에 방전 개시 시간(τ)은 다음과 같은 식으로 나타내어진다 [13].



(a) 300 torr (b) 400 torr (c) 500 torr

그림 4 패널 전면에서의 시간에 따른 방출 광 측정 결과

Fig. 4 Time-resolving result of the emitted light through the front plate of panel

4. 결 론

Scanned Point Detecting System을 이용하여 플라즈마 디스플레이 패널의 셀 내에서 방출되는 광의 3차원 시간 분해 측정을 하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다. 패널의 전면판(top view)에서는 방전으로 인한 발광시간이 300 torr, 400 torr, 500 torr의 순서로 빠르게 나타났으며 300 torr, 400 torr, 500 torr에서의 방전 유지 시간은 약 90 ns, 128 ns, 72 ns로 나타났다. 방전은 음극(cathode 전극)의 안쪽 edge에서 시작되어 음극 바깥쪽으로 호의 형태를 이루면서 진행되는 것을 알 수 있었다. 패널의 측면(side view)에서는 낮은 압력의 패널에서 방전이 더 넓게 퍼져있는 것을 알 수 있었다.

$$\frac{1}{\tau} = \nu\left[\alpha - \frac{1}{d}\ln\frac{1+\gamma_i}{\gamma_i}\right]$$

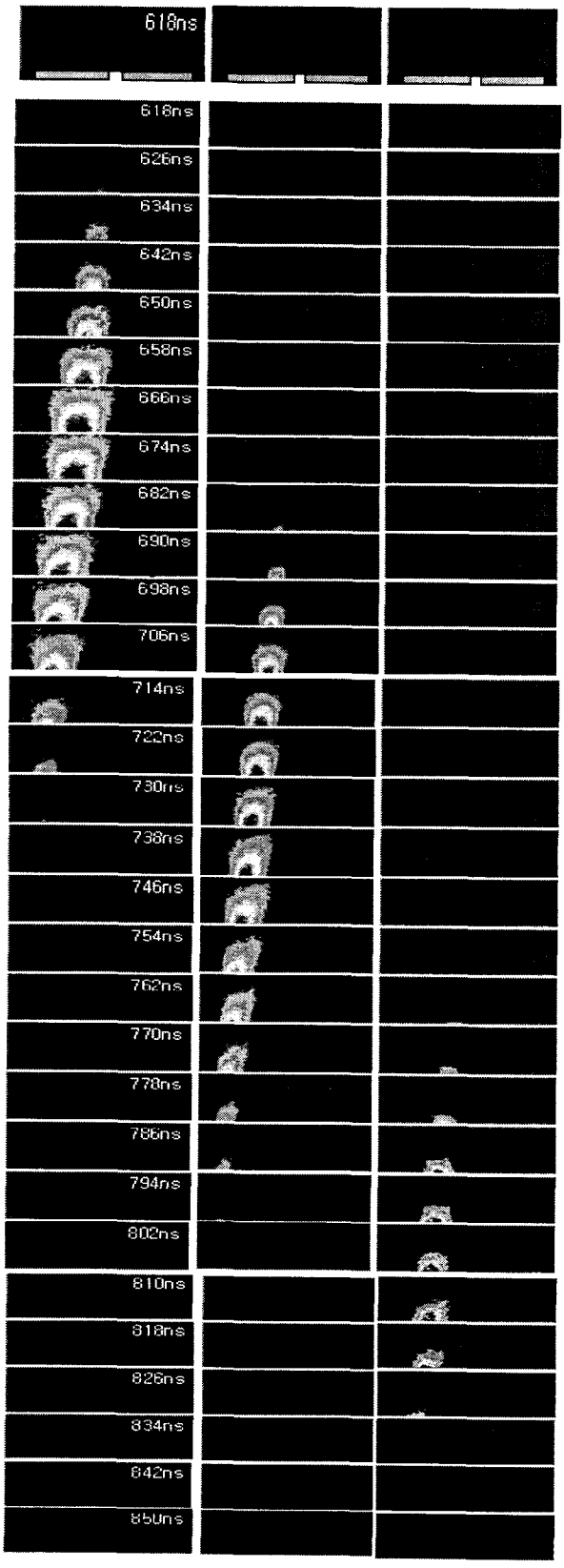
이 식에서, $\nu = \nu_i\nu_e/(\nu_i+\nu_e)$이고 α는 전자에 의한 이온화율, d는 방전 거리, 그리고 γ_i는 이온의 2차 전자 방출계수를 나타낸다. ν_i와 ν_e는 각각 이온과 전자의 속도를 의미하는데, 일반적으로 이온의 속도는 전자의 속도에 비해서 매우 작고 Xe 이온의 경우에 2차 전자 방출계수가 1보다 매우 작은 값을 가지게 되므로 다음과 같이 간략화 될 수 있다.

$$\tau \sim \frac{1}{\nu_i\alpha}$$

따라서, 위에서 언급한 바와 같이 압력이 증가함에 따라 충돌당 에너지 전달이 감소하게 되어 이온화가 줄어들게 되고 이온의 속도도 느려지기 때문에 압력이 낮은 300 torr에서 가장 빠른 광 방출이 검출된 것으로 사료된다. 또한, 300 torr, 400 torr, 500 torr에서의 방전 유지 시간은 약 90 ns, 128 ns, 72 ns로 나타났고 방전 유지 전압과 비슷한 전압을 갖는 400 torr의 panel에서 가장 긴 방전 유지 시간을 보이고 있다. 이것은 165 V의 고정전압에서 400 torr panel의 휘도가 가장 크게 나타난 것과 관련이 있다. 시간이 지남에 따라 음극(cathode 전극)의 안쪽 edge에서 전기장에 의해 직접 가속된 전자가 여기시킨 입자들이 음극의 바깥쪽으로 이동하는 발광 특성을 보인다. 이것은 음극 위에서 cathode-fall에 의해서 생성된 많은 이온들이 음극의 안쪽 가장자리부터 유전체 표면에 쌓여서 전기장을 상쇄함에 따라 음극쪽의 방전은 바깥쪽으로 확산되면서 사라지게 되는 것으로 사료된다. 방전이 진행할수록 호 형태의 방전형상이 나타나는데 이것은 격벽의 영향 때문으로 사료된다.

3.2 패널 측면에서의 시간분해 측정

그림 5에 패널의 측면에서 측정된 시간분해 특성을 나타내었다. 전면에서 측정된 결과와 마찬가지로 음극(cathode 전극)의 안쪽 edge에서 방전이 시작하여 음극 바깥쪽으로 확산되면서 사라진다. 그리고 낮은 압력을 갖는 300 torr의 패널에서 방출되는 광의 분포가 400 torr, 500 torr의 패널보다 더 넓게 나타나는데 이것은 낮은 압력에서는 여기된 입자들끼리의 충돌횟수가 적으므로 인해 광이 더 넓게 퍼지는 것에 기



(a) 300 torr (b) 400 torr (c) 500 torr

그림 5 패널 측면에서의 시간에 따른 방출 광 측정 결과

Fig. 5 *Time-resolving result of the emitted light through* the side plate of panel

인한 것으로 생각된다. 실제 격벽 높이가 180 ㎛인데 검출된 광의 높이는 300 torr, 400 torr, 500 torr 압력에서 약 180 ㎛, 150 ㎛, 70 ㎛로 나타났다. 또한 음극의 가운데 위치에서 광의 intensity가 가장 크게 나타났다.

참 고 문 헌

[1] H. S. Jeong, B. J. Shin, J. S. Park, K. W. Whang, "Numerical Modeling of the Micro-Discharge in a Color AC Plasma Display Panel", ASIA DISPLAY'95, pp.831-834, 1995.

[2] C. H. Shon, J. K. Lee, H. C. Kim, H. C. Kim, S. Dastgeer, S. S. Yang, S. W. Shin, "Striation Phenomenon of Plasma Display Panel(PDP) Cell and Its Application to Efficiency Improvement", SID 01 DIGEST, pp. 767-769, 2001.

[3] Jeong Hyun Seo, Woo Joon Chung, Cha Keun Yoon, Joong Kyun Kim, Ki Woong Whang, "Discharge Efficiency Analysis of an AC PDP by Numerical Simulation", IDW'99, pp.667-669, 1999.

[4] H. S. Jeong, Y. Murakami, M. Seki, "3-Dimensional Numerical Analysis on AC PDP Cell", IDW'99, pp. 671-674, 1999.

[5] G. Oversluizen, S. de Zwart, S. van Heusden, T. Dekker, "Dependency of PDP efficacy on gas pressure", Journal of the SID 9/4, pp.267-272, 2001.

[6] 우석균, 최훈영, 이석현, "3차원 광 측정을 통한 PDP의 전극 구조별 방전 분석", 대한전기학회논문지, 제 50C권 4호, pp.190-196, 2001.

[7] T. Yoshioka, A. Okigawa, L. Tessier, K. Toki, "Characterization of Micro-Cell Discharge in AC-PDPs by Spatio-temporal Optical Emission and Laser Absorption Spectroscopy", IDW'99, pp.603-606, 1999.

[8] K. Hagiwara, M. Ushirozawa, H. S. Jeong, Y. Takano, M. Seki, "Side-View Observations of IR Emission from Surface-discharge AC-PDP", IDW'99, pp.615-618, 1999.

[9] K. Mizokami, K. Tachibana, N. Kosugi, T. Sakai, Y. Wakabayashi, "Three Dimensional Diagnostics of Dynamic Behaviors of Excited Atoms in a Realistic AC-PDP Cell", Asia Display/IDW'01, pp.1755-1756, 2001.

[10] 최훈영, 이석현, 이승걸. "플라즈마 디스플레이 패널에서 방출되는 광의 3차원 측정을 위한 Scanned Point-Detecting System", 한국광학회지, 제 12권 2호, pp.103-108, 2001.

[11] Hoon Young Choi, Seung Gol Lee, Joon Yub Kim, Heung Sik Tae, Seok Hyun Lee, "The Three-Dimensional Analysis for the Discharge of Plasma Display Panel by Optical Emission Measurement", SID 00 DIGEST, pp.699-701, 2000.

[12] 최훈영, 이석현, 이승걸, "광학적인 방법에 의한 플라즈마 디스플레이 패널의 3차원 광 방출 측정과 분석", 대한전기학회논문지, 제 51C권 1호, pp.31-38, 2002.

[13] E. Nasser, "Fundamentals of Gaseous Ionization and Plasma Electronics", New York, John Wiely & Sons, 1970.

저 자 소 개

최 훈 영 (崔 勳 永)

1970년 3월 10일생. 1996년 인하대 전기공학과 졸업. 199년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학석사). 2003년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 2003~현재 인하대 박사후 과정연구원

Tel : 032-860-7407, Fax : 032-863-5822

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

이 석 현 (李 晳 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 : 032-860-7407, Fax : 032-863-5822

E-mail : plasma@inha.ac.kr

이 승 걸(李 升 杰)

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

Tel : 032-860-7433, Fax : 032-873-8970

E-mail : sglee@inha.ac.kr