

교류형 플라즈마 디스플레이 패널의 방전 조건변화에 따른 형광막의 발광특성

論 文

48C-10-5

Luminescence Properties of Phosphor Layer with Discharge Conditions in AC PDP

藏 尙 勳* · 太 興 植** · 崔 景 喆***

(Sang-Hoon Jang · Heung-Sik Tae · Kyung-Cheol Choi)

Abstract - The optical properties such as luminance and color coordinates for phosphor layer were studied with applied voltage and gas pressure, Xe mixing ratio, frequency using He and Xe mixing gas in chamber like AC PDP. The luminance of red phosphor layer at constant pressure(300Torr) is increased with increasing voltage, but color purity is not varied. The luminance of red phosphor layer at constant voltage(280V) is decreased with increasing pressure, but the color purity is not varied. But the luminance is increased with increasing Xe mixing ratio at constant pressure(200Torr). And also the color purity is improved by this process. The luminance is increased up to 40KHz, but the color purity with frequency is not varied.

Key Words : AC PDP, Phosphor layer, Luminance, Color purity

1. 서 론

최근 정보화 사회의 급속한 발전에 따라 정보와 영상물 효과적으로 표시할 수 있는 소자개발의 필요성이 크게 부각되고 있다. 현재 이와 관련하여 얇고 가벼우며 대면적화 할 수 있는 PDP(plasma display panel)[1], LCD(liquid crystal display)[2]등의 평판 디스플레이가 개발중에 있다. 저소비전력, 고효율, 고휘도, 고색순도 및 장수명등의 특성을 갖는 우수한 대면적 PDP 개발을 위하여 많은 연구가 진행되고 있으며 또한 PDP에 적합한 고효율, 고색순도등의 특성을 갖는 새로운 형광체를 개발하기 위한 연구도 활발히 진행되고 있다[3,4]. PDP 성능 개선을 위한 새로운 형광체재료의 개발을 위해서는 형광체 자체의 광학특성에 대한 연구 뿐만 아니라 소성공정등을 거친 형광막의 광학특성 및 PDP 방전셀 내에서 플라즈마 방전 환경에 노출되어 있는 상태의 형광막에 대한 광학특성도 함께 고찰되어야 할 필요가 있다. 이러한 관점에서 현재 활발히 수행되고 있는 진공자외선램프를 이용한 발광 특성에 대한 연구[5]는 형광막의 형태가 아닌 형광체 자체의 연구에 국한되고 또한 실제 PDP 방전셀의 플라즈마에서 생기는 radiation damage나 ion bombardment등 플라즈마 매질이 형광막에 미치는 영향 및 가스조성이나 구동전원에 따른 형광체의 특성변화를 측정하기에는 제한이

따른다. 따라서 본 연구에서는 AC PDP 방전셀과 유사한 방전환경을 갖는 챔버를 제작하여 인가전압, 가스압력, 가스혼합비, 주파수등의 변화가 (Y,Gd)BO₃:Eu 적색 형광막의 휘도와 색순도에 어떠한 영향을 주는지에 대해서 고찰하였다.

2. 실험장치 및 방법

그림 1은 형광막의 발광특성을 측정하기 위하여 본 실험에 사용한 플라즈마 방전챔버의 개략도이다. 측정장치의 기본구성은 1) 플라즈마를 생성하는 방전챔버, 2) 가스용기와 밸브 및 압력계이기로 구성되어 챔버에 가스를 공급하는 가스부, 3) 로터리 펌프(rotary pump)와 터보펌프(turbo molecular pump)로 구성된 배기부, 4) 챔버내부에 전기적 신호를 공급하는 구동펄스전원부, 5) 형광막의 발광특성을 측정하는 스펙트로미터(spectrometer)로 구성되어있다. 방전 챔버는 길이 200[mm], 직경 120[mm]의 SUS304로 설계 및 제작하였고 챔버내부에는 형광막이 도포된 glass를 장착할 수 있으며 또한 전극을 고정할 수 있는 전극홀더가 manipulator에 의해서 상하로 5 μ m간격으로 움직일 수 있도록 하였다. 챔버상부는 원형창(glass window)을 장착하여 챔버내부의 형광막을 관측할 수 있도록 하였다. 사용된 가스는 He(순도 99.99 [%])과 Xe(순도 99.99 [%])의 혼합가스이고, metering 밸브를 이용하여 가스를 혼합하게 된다. 챔버내부의 진공은 로터리 펌프와 터보펌프에 의하여 기저압력을 1 $\times 10^{-6}$ Torr로 유지하게 된다. 구동전원은 반도체 소자를 사용하여 최대 500V의 가변전압을 인가할 수 있으며, 최대 100KHz까지의 주파수 가변이 가능하다. electric feedthrough port를 통해 전기적 신호를 챔버내부의 전극으로 인가시키며 이때 인가되는 파형의 전압 및 주파수는 오

* 正 會 員 : 慶 北 大 電 氣 工 學 科 博 士 課 程

** 正 會 員 : 慶 北 大 電 子 電 氣 工 學 部 助 教 授 · 工 博

*** 正 會 員 : 現 代 電 子 디 스플 레 이 先 行 研 究 所 責 任 研 究 員 · 工 博

接 受 日 字 : 1999年 4月 27日

最 終 完 了 : 1999年 9月 14日

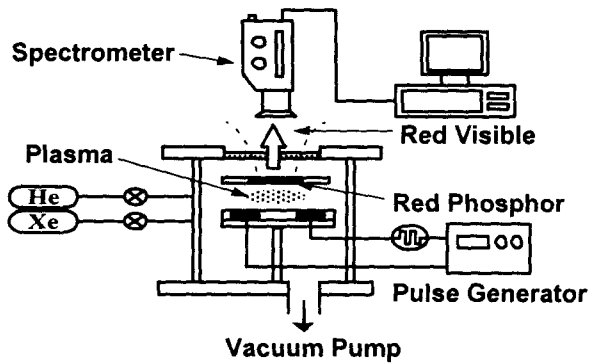


그림 1 형광막 측정장치의 개략도
Fig. 1 The schematic diagram of phosphor evaluation system

실로스코프를 이용하여 측정한다. 형광막의 발광특성은 300nm에서 780nm의 가시광 스펙트럼을 측정할 수 있는 spectrometer(PR-704)를 이용하여 형광막의 휘도, 스펙트럼 및 색순도를 측정한다.

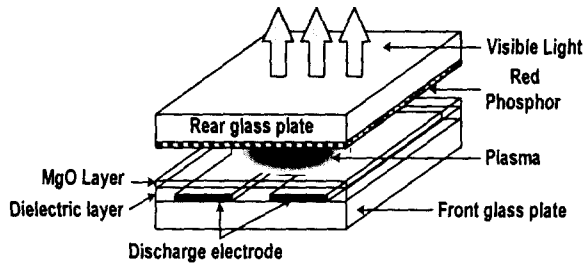


그림 2 전극과 형광막의 구조
Fig. 2 Architecture of electrode and phosphor

그림 2는 실험에 사용된 전극의 구조 및 형광막을 보여주고 있다. 하판유리위에 Ag 페이스트를 이용하여 스크린 프린팅법으로 전극을 형성하였다. 전극의 간격은 100 μ m이고 전극의 폭은 300 μ m이다. 그 위에 같은 방법으로 유전체 페이스트를 이용하여 20 μ m의 두께로 도포하고, 이 유전체 막위에 electron beam evaporation법으로 MgO층을 5000Å의 두께로 증착하였다. 적색 형광막은 (Y,Gd)BO₃:Eu 적색 형광체 페이스트를 사용해서 상판 유리기판위에 가로 16mm, 세로 16mm의 크기로 스크린 프린팅법을 이용하여 도포하였다. 실험에서 전극과 형광막사이의 간격은 300 μ m로 고정하였고 사용된 가스는 Xe혼합비 실험을 제외하고는 모두 He과 Xe(1%)의 혼합가스이다. 펄스신호의 듀티비는 20%로 고정하고 전압은 260V에서 300V로, 압력은 200Torr에서 500Torr로 가변하였다. Xe의 혼합비는 1%에서 7%까지 변화시켰고 주파수는 20KHz에서 60KHz까지 변화시켰다. 형광막의 스펙트럼과 휘도 및 색좌표는 300nm에서 780nm사이의 파장을 5nm 간격으로 spectrometer를 이용하여 측정하였다.

실험에서 얻어진 스펙트럼 데이터는 다음과 같은 과정을 통해 x, y 색좌표로 표현된다[6]. 그림 3의 표준 칼라 매칭 함수값인 $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ 와 실제 측정에서 얻어진 데이터 $\Phi(\lambda)$ 를 (1)식에 의하여 X, Y, Z값을 구하게 된다.

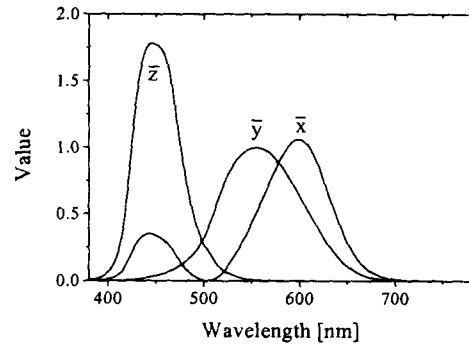


그림 3 칼라 매칭 함수
Fig. 3 Color matching function

$$X = k \int_{\lambda_a}^{\lambda_b} \Phi(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda$$

$$Y = k \int_{\lambda_a}^{\lambda_b} \Phi(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda$$

$$Z = k \int_{\lambda_a}^{\lambda_b} \Phi(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda$$

(k=정규화정수, $\lambda_a=380$ nm, $\lambda_b=780$ nm)

(1)식에서 얻어진 X, Y, Z값을 이용하여 다음 (2)식의 관계에 의해 xy 색좌표를 구하게 된다.

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

3. 실험결과 및 고찰

그림 4는 He과 Xe(1%)의 혼합가스 및 주파수 30KHz 조건에서 인가전압과 압력의 변화에 따른 적색 형광막의 휘도 특성을 나타내고 있다. 동일한 압력에서 전압이 260V, 280V, 300V등으로 증가하는 경우 형광막의 휘도는 증가하며, 동일한 전압에서 압력이 200Torr에서 500Torr로 증가하는 경우 휘도는 감소한다. 전압이 증가함에 따라서 형광막의 휘도가 증가하는 현상은 전압이 증가하면 전극간의 전기장의 세기가 강해져서 플라즈마내의 전자가 갖는 에너지가 증가하게 된다. 전자에너지는 He과 Xe의 페닝(penning)반응을 촉진시켜 Xe에서 나오는 자외선(147nm)의 양은 증가하게 된다. 그래서 형광막이 자외선을 많이 흡수하게 되어 휘도가 증가하는 것으로 사료된다. 또한 압력이 증가함에 따라 형광막의 휘도가 감소하는 것은 다음과 같이 설명할 수 있다. 전극간의 전기장의 세기가 일정한 상태에서 압력이 증가하면 He과 Xe의 입자수가 많아지게 되고 이로 인한 전자의 충돌횟수가 증가하게 되므로 인가되는 에너지에 비해 전자가 에너지를 얻는 확률은 감소하게 된다. 따라서 압력의 증가에 따른 형광막 휘도의 감소는 전자가 얻는 에너지 감소에 의한 플라즈마 매질내에서의 진공 자외선 발생의 감소에 기인하는 것으로 사료된다.

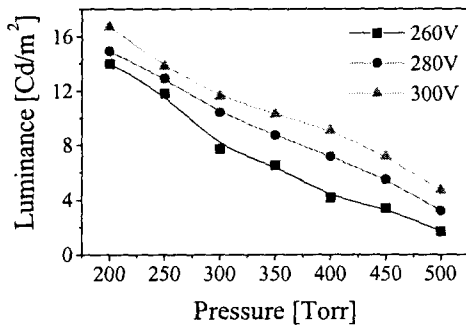


그림 4 전압 및 압력변화에 따른 휘도
Fig. 4 Luminance with voltage and pressure

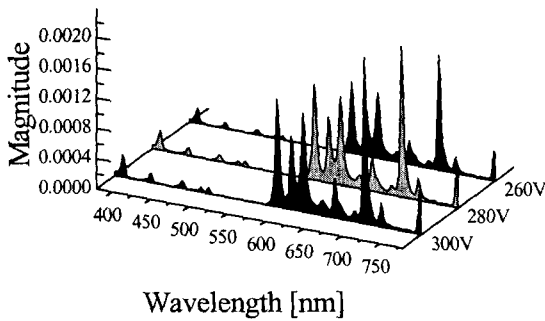


그림 5 인가전압의 변화에 따른 발광스펙트럼
Fig. 5 The emission spectrum with voltage

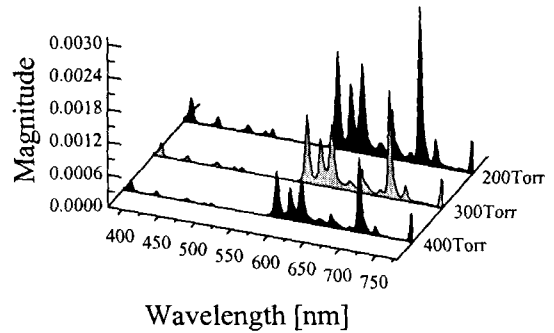


그림 7 압력변화에 따른 발광 스펙트럼
Fig. 7 The emission spectrum with pressure

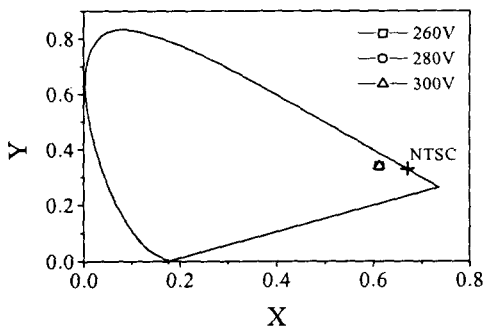


그림 6 인가전압의 변화에 따른 색좌표
Fig. 6 Color coordinates with voltage

표 1 헬륨과 적색형광막의 스펙트럼
Table 1 Spectrum of He and Red phosphor

He spectrum peak						Red phosphor spectrum peak		
390nm	438nm	586nm	668nm	706nm	728nm	592nm	610nm	620nm

그림 5와 그림 6은 He과 Xe(1%)의 혼합가스 및 300Torr의 압력에서 인가전압의 변화에 따른 적색 형광막의 스펙트럼과 색좌표를 나타내고 있다. 그림 5에서 측정된 스펙트럼은 표1과 같이 나타낼 수 있다.

그림 7과 그림 8은 He과 Xe(1%)의 혼합가스 및 280V의 일정한 구동전압에서 압력의 변화에 따른 적색 형광막의 발광스펙트럼과 색좌표를 나타내고 있다. 200Torr인 경우 표1에 제시된 파장의 스펙트럼 피크가 가장 높이 나타나며, 압력이 증가함에 따라 He자체의 스펙트럼 피크와 적색형광막의 스펙트럼 피크가 동시에 감소하게 된다. 그래서 그림 4와 같이 압력의 증가에 따라 적색형광막의 휘도가 감소하는 것과 관련이 있음을 알 수 있다. 또한 그림 8에 보이는 것처럼 압력의 변화에도 불구하고 색좌표의 값은 $x=0.6, y=0.3$ 으로 동일하게 나타나게 된다. 따라서 그림 7과 그림 8로부터 압력의 증가에 따라 형광막의 휘도는 감소하고 색순도의 변화는 없음을 알 수 있다.

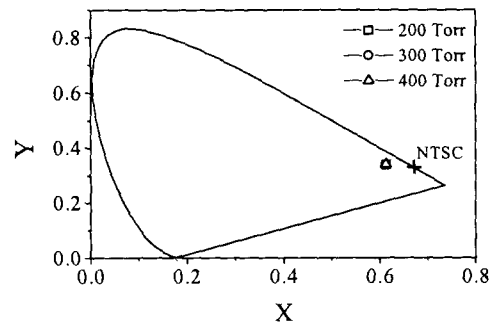


그림 8 압력변화에 따른 색좌표
Fig. 8 Color coordinates with pressure

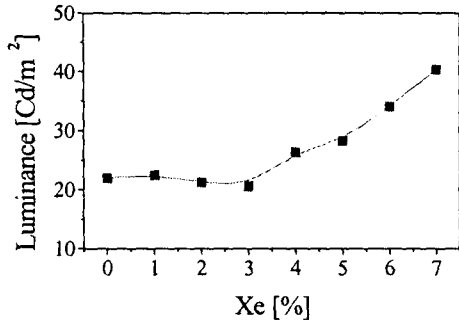


그림 9 Xe혼합비에 따른 휘도
Fig. 9 Luminance with Xe mixing ratio

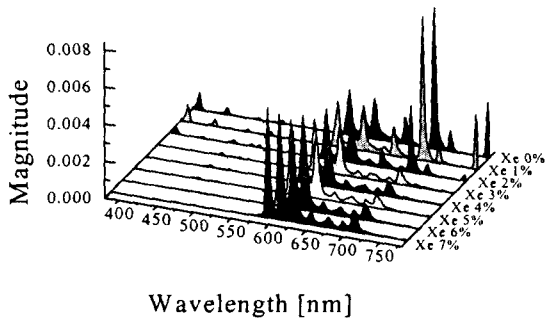


그림 10 Xe혼합비에 따른 발광스펙트럼
Fig. 10 The emission spectrum with Xe mixing ratio

그림 9는 He과 Xe의 혼합가스에서 압력 200Torr, 주파수 30KHz, 및 구동전압 300V로 일정하게 유지하면서 Xe의 혼합비 변화에 따른 휘도 특성을 나타내고 있다. 적색형광막의 발광휘도는 Xe(3%)까지는 약간의 감소를 보이지만 Xe(3%)이상의 영역에서 점차 증가하는 경향을 보인다.

그림 10은 그림 9와 같은 조건에서 He과 적색형광막의 스펙트럼 분포를 나타내고 있다. Xe의 혼합비가 증가함에 따라 표 1에 나타난 He의 발광스펙트럼은 감소하게 되고 Xe 3%이상에서는 매우 작게 나타나게 된다. 그러나 적색형광막의 여기 스펙트럼인 592nm, 610nm, 620nm파장은 Xe 혼합비 3%이상에서 많이 증가하는 것을 볼 수 있다. 여기서 알 수 있는 사실은 He보다 원자반경이 큰 Xe입자의 수가 증가하게 되면 전자와 Xe사이 충돌확률이 증가하게 되어 전자가 얻는 에너지가 감소한다고 생각된다. 그래서 Xe 3%까지는 전자가 얻는 에너지가 감소하여 He이 여기될 확률이 떨어지게 되어 He과 적색형광막의 스펙트럼 피크는 감소하게 되지만 Xe 3%이상에서는 Xe과 Xe 사이의 반응인 재결합이나 heavy particle quenching반응[7,8]이 우세하여 Xe*와 Xe₂*에 의한 147nm와 173nm의 진공자외선의 생성이 증가하게 되어 적색형광막의 여기 스펙트럼 피크가 증가하는 것으로 생각된다. 그래서 그림 9와 같이 Xe 혼합비 3%까지의 적색형광막의 휘도는 약간의 감소를 보이지만 Xe혼합비가 3%이상이면 적색형광막의 휘도는 증가하는 것으로 사료된다.

그림 11은 그림 10과 같은 조건에서 Xe 혼합비에 따른 색좌표의 변화를 나타내고 있다. 혼합비가 1%, 2%, 3%로 증

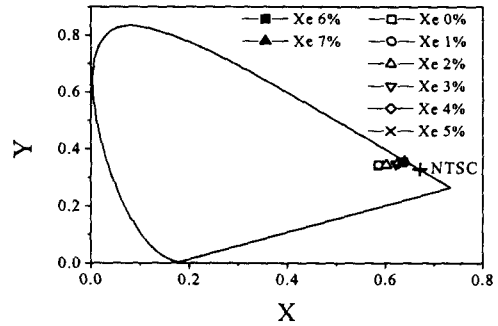


그림 11 Xe혼합비에 따른 색좌표
Fig. 11 Color coordinates with Xe mixing ratio

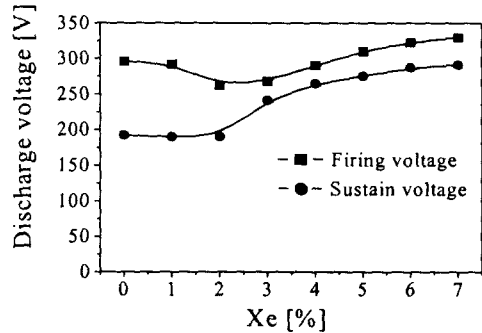


그림 12 Xe혼합비에 따른 전압특성
Fig. 12 Voltage Characteristic with Xe mixing ratio

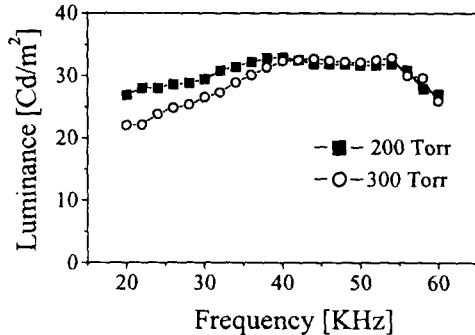


그림 13 주파수 변화에 따른 휘도
Fig. 13 Luminance with frequency

가함에 따라 적색형광막의 여기스펙트럼중 적색스펙트럼이 He 스펙트럼보다 상대적으로 증가하게 되어 색좌표의 값이 Xe 함량 1%에서 x=0.6, y=0.3이고, 2%에서 x=0.61, y=0.32, 3%에서는 x=0.62, y=0.4의 값을 갖게 되어 NTSC기준인 적색형광체 색좌표(x=0.67, y=0.33)으로 접근하게 되어 색순도의 개선이 이루어짐을 알 수 있다. 그러나 Xe 혼합비 증가(>3%)에 따라 휘도와 색순도는 향상되지만 원자번호가 큰 Xe의 상대적인 양의 증가로 인한 전자온도의 감소를 초래하므로 그림 12와 같이 방전 개시전압(V_i)과 유지전압(V_s)이 증가하게 된다. 따라서 Xe의 혼합비가 증가함에 따라 (>3%) 높은 휘도와 고색순도의 형광막의 발광 특성을 얻을 수 있으나 방전 개시 전압 및 유지전압이 증가하므로 이를

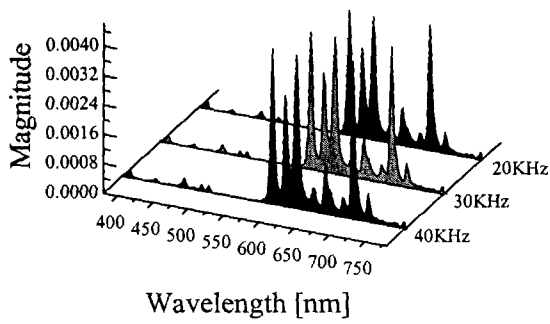


그림 14 주파수 변화에 따른 발광스펙트럼
Fig. 14 The emission spectrum with frequency

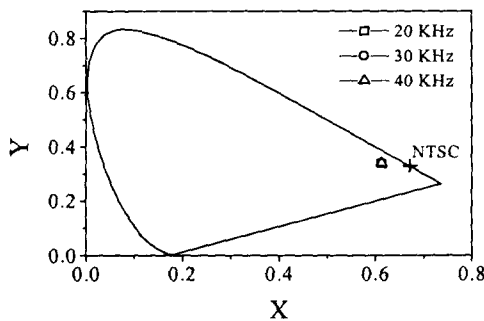


그림 15 주파수 변화에 따른 색좌표
Fig. 15 Color coordinates with frequency

개선하기 위해서는 전극의 구조와 다양한 가스조성비의 최적화와 같은 연구가 병행되어야 한다.

그림 13은 He과 Xe(1%)의 혼합가스, 구동전압이 280V인 조건에서 주파수 변화에 따른 휘도 특성을 나타내고 있다. 주파수를 20KHz에서 대략 40KHz까지 증가시키는 경우는 형광막의 발광휘도가 증가하며, 40KHz에서 54KHz까지는 일정하게 유지되다가 55KHz 이상에서는 다시 감소하게 된다. 또한 40KHz 이하의 영역에서는 압력이 300Torr에서 200Torr로 낮아짐에 따라 발광휘도가 증가하지만, 40KHz 이상에서는 압력의 증감에 의한 영향이 없어짐을 알 수 있다. 40KHz 이하의 주파수 영역에서는 주파수의 증가에 따라 교번되는 전장이 빨라지게 되므로 전자의 충돌에 의한 이온화 및 여기반응이 활발하게 진행되어 휘도가 증가하게 되지만 40KHz이상으로 주파수를 계속 증가시키면 전자가 인가되는 전계를 따라가지 못하기 때문에 에너지를 많이 얻지 못하게 되어 전체 휘도가 포화되는 것으로 생각된다.

그림 14와 그림 15는 그림 13과 같은 조건에서 주파수 가변에 따른 스펙트럼 및 색좌표를 나타낸다. 그림14에서 주파수가 20KHz에서 40KHz로 증가함에 따라 스펙트럼의 주피크의 세기가 동시에 증가하게 되어 그림 15와 같이 주파수 가변에 따른 색좌표의 값은 x=0.6, y=0.3으로 변화를 보이고 있지 않다.

4. 결론

AC PDP 방전셀과 유사한 방전환경을 갖는 챔버를 제작하여 인가전압, 압력, He과 Xe의 혼합비, 및 인가주파수의

변화가 형광막의 휘도, 스펙트럼 및 색순도등 발광특성에 어떠한 영향을 미치는지에 대해 실험하였다. 인가전압의 증가에 따라 휘도는 증가하나 색순도의 변화는 없었다. 압력의 증가에 따라서는 휘도의 감소가 있으며 색순도의 변화는 없었다. Xe 가스의 혼합비가 증가함에 따라 휘도의 증가가 있었으며 색순도가 또한 개선되었다. 주파수의 증가에 따라서는 휘도가 증가하며 색순도의 변화는 없었다. 따라서 이러한 실험을 통해 적색 형광막의 휘도특성은 플라즈마 방전 조건중 인가전압, 주파수, 압력, 혼합비의 변화에 영향을 받지만 형광막의 색순도는 인가전압, 주파수, 압력의 변화에 무관하며 오로지 Xe의 혼합비의 변화에 의해서만 영향을 받는다는 것을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 선도기술개발사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] 大脇健一,吉田良教 編著, "プラズマディスプレイ," 共立出版株式会社, 1983
- [2] 松本正一 編著, "Electronic Display," 日本응사, 1998
- [3] T. Shinoda, M. Wakitani, T. Nanto, T. Kurai, N. Awaji, M. Suauki, "Improvement of Luminance and Luminous Efficiency of Surface-Discharge," SID 91 DIGEST, pp.724-727, 1991
- [4] M. Noborio, T. Yoshioka, Y. Sano, K. Nunomura, "(He, Ne)-Xe Gas Mixtures for High-Luminance Color ac PDP," SID 94 DIGEST, pp.727-730, 1994
- [5] C. H. Park, S. J. Park, B. Y. Yu, H. S. Bae, I. E. Kwon, "Synthesis of $Y_3Al_5O_{12}:Tb$ Phosphor by Sol-Gel Method," ASIA DISPLAY 98, pp.85-88, 1998
- [6] Fred. W. Billmeyer, JR, "Optical aspects of color," OPTICAL SPECTRA, pp.44-48, 1967
- [7] T. Kamegaya, H. Matsuzaki, "Basic Study on the Gas-Discharge Panel for Luminescent Color Display," IEEE TRANSACTIONS ON ELECTRON DEVICES, VOL. ED-25, NO. 9, pp.1094-1100, Sept 1978
- [8] H. G. Park, S. H. Lee, "Gas Discharge Simulation and Experiments for improving Luminous Efficiency of Color Plasma-Display Panels," SID 98 DIGEST, pp.624-627, 1998

저 자 소 개



장 상 훈(藏 尙 勳)

1970년 11월 15일생. 1996년 경북대 전기 공학과 졸업. 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1999년~현재 경북대 전자전기공학부 박사과정
Tel : (053) 940-8663,
Fax : (053) 950-5505
E-mail: shjang@palgong.kyungpook.ac.kr



태 흥 식(太 興 植)

1962년 11월 14일생. 1986년 서울대 전기 공학과 졸업. 1988년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1994년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 현재 경북대 전자전기공학부 조교수.

Tel: (053) 950-6563, Fax: (053) 950-5505
E-mail: hstae@ee.kyungpook.ac.kr



최 경 철(崔 景 喆)

1964년 2월 11일생. 1986년 서울대 전기 공학과 졸업. 1988년 동 대학원 전기 공학과 졸업(석사). 1993년 동 대학원 전기 공학과 졸업(공학박). 1993-1995 고등기술 연구원 선임 연구원. 1995-1996 Spectron

Coporation of America, Summit, NJ, Sr.Research Scientist. 1996-1998 Hyundai Plasma Display Division, Hawthorne, NY, Sr.Research Scientist. 현재 현대전자 디스플레이 선행 연구소 책임 연구원.

Tel : (0336) 639-8274, Fax: (0336) 639-8329
E-mail : kyungcc@hei.co.kr