

## 교류형 플라즈마 디스플레이에 있어서 유지방전 주파수에 따른 발광 효율에 미치는 영향

(Influence of Sustaining Frequency on the luminous Efficiency in AC-PDP)

정의선\* · 김대일\*\*

(Eui-Seon Jeong · Dae-Il Kim)

### 요 약

최근 디지털 텔레비전 및 고해상도(High Definition)텔레비전용 표시장치로 교류형 플라즈마 디스플레이가 각광 받고 있다. 상용화되고 있는 교류형 플라즈마 디스플레이의 구조를 보면 3전극형 면방전형(three electrodes surface discharge type)이 주류이다. 현재의 효율은 1lm/W의 수준으로 본격적인 상용화를 위해서는 효율의 향상이 관건이다. 효율 향상을 위해서는 패널 구조(Panels structure)의 개선도 필요하지만 주어진 구조에서 최대한의 효율을 갖도록 하는 구동방법의 최적화가 선결 과제이다. 교류형 플라즈마 디스플레이의 방전 이미지는 연속되는 방전 발광에 의해 이루어진다. 대부분의 전력 소모는 연속되는 발광을 위한 유지 방전에서 소모되기 때문에 유지방전의 파형의 최적화는 고 방전 효율을 위한 중요한 과제이다. 구동 방식으로는 ADS(Address and Display period Separated) 구동이라는 방식이 일반적으로 널리 쓰이고 있다. 이 구동법의 평균 유지방전 주파수는 수십 [kHz]이지만 실제 주파수는 100[kHz]에서 200[kHz] 사이의 상당히 높은 값이다. 본 연구 결과에 따르면 형광체가 가시광을 방출시킬 때 형광체 재료의 특성상 감쇄시간(Decay Time)이 수 ms에 이른다. 만약 감쇄 시간이 유지방전 펄스의 주기보다 길다면 방전에서 만들어진 진공자외선(Vacuum Ultra Violet Ray)이 가시광으로 변환에 효과적으로 이용되지 못한다. 결국 발광 효율은 유지방전 주파수에 비례하여 감소한다. 결론적으로 말해 저 주파수 유지 방전으로 발광효율을 크게 개선할 수 있다.

### Abstract

Recently alternating-current Plasma Display Panel(AC-PDP) is in the spotlight as a digital television and high definition television. The panel structure widely adapted in commercial AC-PDP is three electrodes surface discharge type. At present time, the luminous efficiency is around 1lm/W, it should be a key factor for the commercialization. For the high luminous efficiency, the development of panel structure is necessary. At a given panel structure, a driving method should be optimized to get a sufficient luminous efficiency. The display image of AC-PDP could be realized by the repeated light emission from the discharge. Because most of discharge power is consumed in the sustaining period, the optimization of sustaining waveform is very important for the high luminous efficiency. ADS (Address and Display period Separated) driving method is commonly used. The average driving frequency of ADS driving method is ranged by several tens kilo of [kHz], however the actual frequency of sustaining period is in range of 100[kHz] to 200[kHz]. Based on this study, when the phosphor emits the visible light, it has a decay time of few milliseconds due to the material characteristics. If the decay time is longer than the sustaining pulse period, the VUV could not effectively transfer to the phosphor to emit the visible light. Consequently the luminous efficiency decreases in proportion to the driving frequency. It is found that the luminous efficiency could be significantly improved by the low frequency sustaining driving method.

\* 정희원 · 삼성SDI(주) 부장  
접수일자 : 2000년 9월 7일

\*\* 정희원 : 광운대 PDP연구센터

## 1. 서 론

최근 디지털 텔레비전 및 고해상도 (High Definition) 텔레비전용 표시장치로 교류형 플라즈마 디스플레이가 각광을 받고 있다 상용화되고 있는 교류형 플라즈마 디스플레이의 구조를 보면 3전극형 면방전형(three electrodes surface discharge type)이 주류이다. 현재의 효율은 1[lm/W]의 수준으로 본격적인 상용화를 위해서는 효율의 향상이 관건이다. 효율 향상을 위해서는 패널 구조(Panel structure)의 개선도 필요하지만 주어진 구조에서 최대한의 효율을 갖도록 하는 구동방법의 최적화가 선결 과제이다. 교류형 플라즈마 디스플레이의 방전 이미지는 연속되는 방전 발광에 의해 이루어 진다. 대부분의 전력 소모는 연속되는 발광을 위한 유지 방전에서 소모되기 때문에 유지방전의 파형의 최적화는 고 방전 효율을 위한 중요한 과제이다. 교류형 플라즈마 디스플레이는 Penning 가스 방전에서 발생하는 진공 자외선으로 형광체를 여기하여 발생하는 빛을 이용하는 일종의 포토루미네스스 (Photoluminescence) 현상을 이용한다. 형광체로부터 방사되는 가시광은 재료 특성상 수 ms의 감쇄시간을 가진다. 만약 감쇄 시간이 유지방전 펄스의 주기보다 길다면 방전에서 만들어진 진공 자외선이 가시광으로 변환에 효과적으로 이용되지 못한다. 분명히 형광체의 감쇄시간은 발광효율에 미치는 중요한 요소의 하나이다. 지금까지 형광체의 감쇄시간이 제조(gray scale) 표시의 교란에 대한 보고가 있다[1]. 그러나, 그것이 발광효율에 미치는 영향에 대해서는 보고된바가 없다. 본 연구에서는 여러 주파수를 가지는 유지방전에서 발광효율을 측정하고 유지방전의 주파수가 방전효율에 미치는 영향을 형광체의 감쇄특성의 관점에서 분석하였다.

## 2. 실험

본 실험에 적용한 실험장치를 그림1에 나타냈다. 구동회로는 주파수와 펄스 폭 및 진압이 가변할 수 있는 기능으로 구형파를 발생시킨다. 적용한 펄스 폭은 3[μs]와 4[μs] 및 5[μs]이다 주파수는 구동전압은 200[V]로 고정시키고 10[kHz]부터 170[kHz]까지 10[kHz] 씩 가변하였다. 발광효율을 측정하기 위하여 휘도계로 각 측정조건의 휘도를 측정하였다. 방전의

직접적인 정보를 얻기 위해서는 진공자외선의 측정이 필요하다. 그러나, 진공자외선은 유리 기판을 통과하기 어렵다. 일반적으로 적외선(Infrared Ray) 발광 스펙트럼의 방사각도는 Xe 147[nm] 파장의 진공자외선의 스펙트럼에 비례한다[25] 따라서, 방전의 직접적인 정보를 얻기 위하여 고속응답 적외선(830nm) 포토다이오드(Photodiode)를 이용하였다. 그리고, 형광체의 감쇄 특성을 측정하기 위하여 가시광 영역의 포토다이오드를 장착하였다 사용한 휘도계는 BM-7이다.

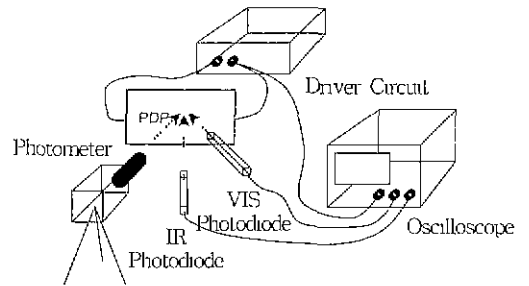


그림 1 본 실험에 적용한 실험장치  
Fig. 1. Schematic diagrams of experimental apparatus

본 실험에 적용한 패널의 구조는 그림2와 같다. 패널의 구조는 현재 일반적으로 널리 통용되는 3전극형 면방전형이다. 전면 유리기판에는 ITO(Indium Tin Oxide) 투명전극과 Ag로 이루어진 후막의 버스 전극(Bus Electrode)가 형성되어 있다 투명전극의 폭과 전극간 간격은 260[μm]와 100[μm]가 되도록 설계하였다. 실제의 동작에서는 인접하는 전극 두개를 한쌍으로 하여 유지방전을 일으킨다. 따라서, 이들 전극의 한쌍을 표시전극(Display Electrode)라 부르고 피치(Pitch)를 1080[μm]로 설계하였다 이들 전극의 상층에 후막인쇄기술(Thick Film Printing Technology)를 이용하여 30[μm]의 투명유전체층 (Transparent Dielectric Layer) 을 형성하였다. 그후 소성공정을 거친후 박막기술(Thin Film Technology)을 이용하여 7000Å 두께로 MgO 보호층(Protective Layer)를 형성하였다. 후면 유리기판에는 전면 유리기판에 형성된 표시전극과 수직인 방향으로 어드레스 전극(Address Electrode)을 360[μm] 피치로 형성하였다. 어드레스 전극 사이에 방전공간을 확보하고 인접한 방전셀(Discharge Cell)과 크로스토크(Cross-talk)를 방지하기 위해 120[μm] 높이로 격벽(Barrier Rib)을 형성

하였다. 어드레스 전극의 상층과 격벽의 옆면에는 3색 형광체(Red, Green, Blue)가 후막인쇄기술을 이용하여 도포되어 있다. 방전공간에는 Ne를 모체가스로 하는 5% Xe 가스를 첨가한 Penning 혼합가스를 충전하였다.

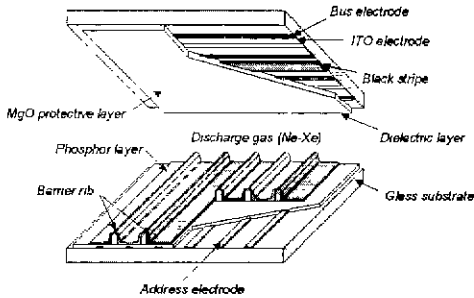


그림 2. 본 실험에 적용한 AC-PDP의 입체 사시도  
Fig. 2. The structure of AC-PDP

### 3. 결과 및 고찰

그림3은 3가지 다른 펄스폭에 대해 유지방전의 주파수에 따른 휘도 및 전력소모를 측정할 결과이다. 휘도와 전력소모 모두 유지방전의 주파수에 따라 증가하는 경향을 나타낸다. 특이한 사실은 휘도의 경우 비례하는 경향을 나타내나, 전력소모의 경우는 유지방전의 주파수에 따라 증가율이 감소하는 경향을 나타낸다.

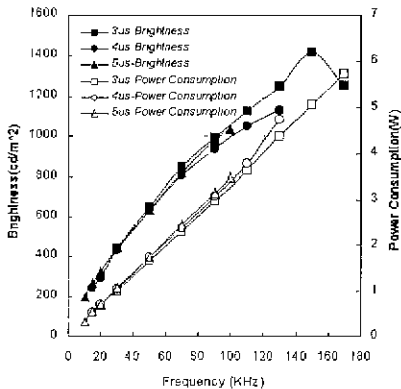


그림3. 3가지 다른 펄스폭에 대해 유지방전의 주파수에 따른 휘도 및 전력소모 측정 결과  
Fig. 3. The brightness and power consumption as a function of driving frequency

이상의 결과를 이용하여 발광효율을 계산하였다. 여기에서 발광 효율을 정의하자 발광 효율은 아래의 식으로 표시된다.

$$\eta = \frac{\pi SB}{W} = \frac{\pi SB}{P_{on} - P_{off}}$$

[ $\eta$ : 발광효율,  $\pi$  원주율, S: 표시 면적, B: 휘도, W: 소비전력,  $P_{on}$ : 방전시 소비전력,  $P_{off}$ : 비방전시 소비전력]

이때 소비전력(W)은 방전전류에 의한 것만을 말하고 측정시에 포함되는 회로에서의 소비전력과 패널의 X-Y전극 사이의 기생용량에 의한 무효소비전력 성분을 제외한 값이다. 그림4에 그림3의 결과를 이용하여 계산한 발광효율을 나타냈다. 유지방전의 주파수가 증가함에 따라 발광효율은 급격히 감소한다. 만약 유지방전의 주파수의 증가에 따라 휘도의 포화현상이 없다면 발광효율은 일정할 것이다. 분명히 유지방전의 주파수의 증가에 따라 휘도를 포화시키는 어떤 요인이 작용하고 있다.

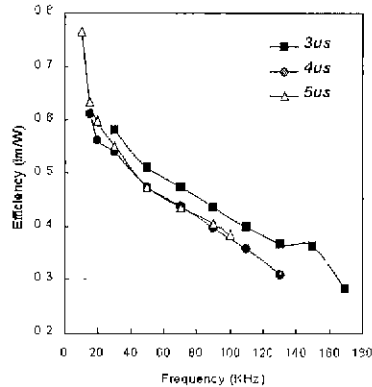


그림 4. 3가지 다른 펄스폭에 대해 유지방전의 주파수에 따른 발광효율의 계산 결과  
Fig. 4. The luminous efficiency as a function of driving frequency

이상의 결과를 분석하기 위해 유지방전의 펄스와 동기하여 고속 포토다이오드로 적외선과 가시광의 출력을 측정하였다. 그림5는 시간에 따른 적외선 및 가시광의 출력을 측정한 결과이다. 적외선의 출력은 방전의 직접적인 정보인 진공자외선 출력과 동일하게 아주 짧은 시간 동안만 방출되고 곧 사라짐을 나타낸다. 그러나, 가시광의 출력은 긴 감쇄특성을 보

여주고 있다. 본 실험에서의 3가지 색을 분리하기 위한 필터를 사용하지 않았다. 따라서, 출력되는 가시광은 적색, 녹색, 청색의 3가지 형광체로부터 방출되는 가시광의 혼합색으로 이루어져 있다.

지금까지 형광체의 감쇄특성에 대해서 많은 연구 결과가 보고되어 왔다[6~8]. 형광체의 감쇄시간의 정의는 형광체가 진공자외선에 의해 여기되어 가시광을 방출할 때 최대 휘도의 10%에 도달되는 시간이다. 형광체에 관한 연구결과에 의하면 청색 형광체의 감쇄시간은 실제 적용에 문제가 없는 수준인 1[ms] 정도이나, 녹색과 적색의 경우에는 10[ms] 정도로 아주 길다. 일반적으로 PDP용 형광체로서는 5[ms] 이하의 감쇄시간이 필요하다고 보고되고 있다. 그러므로, 형광체의 감쇄특성은 근본적으로 피하기 어려운 과제이다.

교류형 플라즈마 디스플레이는 Penning 가스 방전에서 발생하는 진공 자외선으로 형광체를 여기하여 발생하는 빛을 이용하는 일종의 포토루미네스스(Photoluminescence)현상을 이용한다. 형광체는 방전에 의해 만들어진 진공자외선에 의해 여기되어 가시광을 방출한다. 그림5에 나타난바와 같이 형광체로부터 방사되는 가시광은 재료 특성상 수 [ms]의 감쇄시간을 가진다. 그러므로, 그림에서 첫번째 가시광 출력은 두번째와 중첩되어 있다. 이것은 형광체가 이전의 방전에서 만들어진 진공자외선에 의해 자극된 에너지를 가시광으로 충분히 변환시키기 전에 다음 방전에 의해 또다시 진공자외선의 자극을 받았다는 것을 보여주고 있다. 따라서, 연속되는 방전에 의해 새로운 진공자외선을 계속 만들어도 그것이 가시광을 만드는 데에 효과적으로 쓰이지 못한다는 것을 의미한다. 물론 이러한 현상은 유지방전의 주파수의 증가에 따라 점점 심해진다. 결국 감쇄 시간이 유지방전 펄스의 주기보다 길다면 방전에서 만들어진 진공자외선이 가시광으로 변환에 효과적으로 이용되지 못한다고 결론 지을 수 있다. 본 연구결과에 의하면 형광체의 감쇄특성이 유지방전의 주파수를 높일 때 방광효율을 떨어트리는 주요인이다.

ADS 구동법이 널리 채택되고 있다[9]. 이 구동법의 특징은 어드레스 방전(Address Discharge)과 유지방전을 시간적으로 분리하고 있다. 따라서, 유지방전의 평균 주파수는 수십 [kHz]이나, 실제 구동 파형의 주파수가 100[kHz]에서 200[kHz]의 범위에 있다. 본

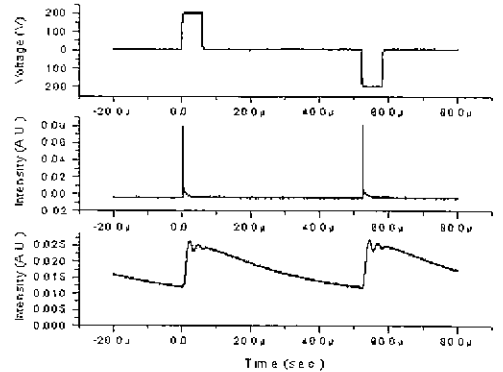


그림 5. 유지방전 펄스에 대응한 적외선과 가시광선 출력

Fig. 5. The IR and visible emission as a function of time in response to the sustain pulse

연구 결과에 의하면 비록 ADS 구동법이 실제로 널리 적용되고 있는 기술이지만, 유지방전 주파수는 너무 높아서 고 효율화를 위해서는 적합하지 않다. 오히려 어드레스 방전과 유지방전을 시간적으로 분리하지 않아 실제 구동 파형의 주파수가 수십 [kHz]인 AWD (Address While Display) [10~12] 구동법이 고 효율화를 위해서는 보다 유리하다고 결론 지을 수 있다.

#### 4. 결 론

유지방전의 주파수가 발광효율에 미치는 영향을 형광체의 감쇄특성의 관점에서 연구하였다. 유지방전의 주파수가 증가하면 발광효율은 급격히 감소한다. 이러한 현상은 유지방전의 주파수의 증가에 따라 점점 심해진다. 본 연구결과에 의하면 형광체의 감쇄특성이 유지방전의 주파수를 높일 때 방광효율을 떨어트리는 주요인이다. 비록 ADS 구동법이 실제로 널리 적용되고 있는 기술이지만, 유지방전 주파수는 너무 높아서 고 효율화를 위해서는 적합하지 않다. 오히려 어드레스 방전과 유지방전을 시간적으로 분리하지 않아 실제 구동 파형의 주파수가 수십 [kHz]인 AWD 구동법이 고 효율화를 위해서는 보다 유리하다고 결론 지을 수 있다.

## 참고 문헌

- [1] Yi-Wen Zhu, T. Yamaguchi, T. Shiga, S. Mikoshiba, T. Ueda, K. Kanya, T. Shinoda. MD-98-27, pp137~142 (1998)
- [2] J. P. Boeuf, Th Callegari, C. Punset, and R. Canter: Workshop Digest of Technical Papers Asia Display '98, pp 209~220 (1998)
- [3] Heiju Uchike' Workshop Digest of Technical Papers of Asia Display '98, pp.195~208 (1998)
- [4] K. W. Whang, H. S. Jeong, J. H. Seo, C. K. Yoon, J.K Kim. Workshop Digest of Technical Papers Asia Display '98, pp.251~254(1998)
- [5] J. C. Ahn, T. Y. Kim, J. J. Ko, Y. Seo, G. S. Cho, E. H. Choi. J. Appl Phys. 87, pp8045~8048 (2000)
- [6] F. Yoshimura, M. Yamakawa. IDW 96, pp77~80 (1996)
- [7] A. Morell, N. Goumard. SID Digest 92, pp159~161 (1992)
- [8] H. K. Jung, K. S. Sohn, B. Y. Sung, H. D. Park. SID Digest 00, pp658~661 (2000)
- [9] K. Yoshikawa, Y. Kanazawa, M. Wakitani, T. Shinoda, A. Ohtsuka. Japan Display '92, pp605~608 (1992)
- [10] H. Doyev, J. Deschamps. SID 95 Digest, pp811~814 (1995)
- [11] K. Totoki, K. Igarashi, J. Ryeom, S. Mikoshiba, H. Asai, N. Kikuchi. ED96-71, ED96-149, SDM96-175 (1997-01), pp19~24 (1997)
- [12] S. Seki, M. Ishih, T. Shiga, K. Igarashi, S. Mikoshiba. SID Digest 00, pp714~717 (2000)

## ◇ 저자소개 ◇

## 정 의 선 (鄭義善)

1956년 12월 19일생. 1981년 경북대학교 기계공학과 졸업. 1983년 경북대학원 기계공학과 졸업(석사). 1984년 삼성전관 입사. 1993년 삼성전관 연구소 실장(부장) 현재 삼성SDI(구 삼성전관) PDP사업팀 부장.

## 김 대 일 (金大鎔)

1961년 7월 7일생. 1983년 경북대 금속공학과 졸업. 1985년 경북대 대학원 금속재료(석사) 1984년~1999년 1월. 구 삼성전관(현 삼성 SDI)에서 PDP과제 수행. 2000년 현재 평운대학 PDP연구센터.