

논문 2014-51-6-30

# 플라즈마 디스플레이 패널에서 선형적 계조 표현을 위한 유지 구동파형의 연구

( Study on Sustain Driving Waveform for Linear Gray Scale Expression  
in AC Plasma Display Panel )

조 병 권\*

( Byung-Gwon Cho<sup>Ⓢ</sup> )

## 요 약

교류형 플라즈마 디스플레이(AC PDP)의 유지기간 동안 강방전과 약방전을 발생시킬 수 있는 파형을 인가하여 계조의 선형성을 향상시키기 위한 새로운 유지 구동파형과 그의 구현 방법이 제안된다. AC PDP의 계조를 표현하기 위한 구동방법은 하나의 TV 프레임 내에 여러 개의 서브필드를 조합하는 것이며 각 서브필드 내의 휘도는 유지 펄스 개수의 차이에 의해 결정된다. 유지기간 동안 유지 펄스들이 인가되면 똑같은 크기의 강한 플라즈마 방전만 발생하므로 이상적으로 선형적 계조 표현이 용이해 보이지만, 각 서브필드 내에는 계조 표현과 상관없는 기입 방전과 첫 번째 유지 방전이 매년 발생하기 때문에 사실상 선형적 계조 표현이 어려워진다. 그러므로 유지기간 동안 유지 파형의 모양을 변형시켜서 강방전 대신 일부분 약방전도 발생시키는 새로운 유지 구동 파형을 적용하여 계조 표현을 선형에 가깝도록 개선하였다.

## Abstract

A new sustain driving waveform and its implementation method is proposed to improve the gray scale linearity by applying the sustain waveform for producing the strong and weak discharge in AC plasma display panel. The driving method to express the gray scale of AC PDP is the combination of the several subfield in one TV frame, and the luminance of the each subfield is decided by the number of the sustain pulses. As the same amount of the strong plasma discharge is produced when the sustain pulses are applied during a sustain period, it looks easy to express the linear gray scale ideally. However, it is difficult to express the real linear gray scale due to the production of the address and first sustain discharge irrelevant to gray scale expression in every subfield. Therefore, a new sustain driving waveform is adopted to produce partially the weak discharge instead of the strong discharge by the modification of the sustain pulses shape during the sustain period and the gray scale expression is close to the linearity.

**Keywords** : Sustain waveform, Gray scale, Subfield, Weak discharge, AC PDP, Driving method

\* 정회원, 부경대학교 이미지시스템공학과  
(Department of Image Science and Engineering,  
Pukyong National University)

Ⓢ Corresponding Author(E-mail: bgcho@pknu.ac.kr)  
접수일자: 2013년10월24일, 수정일자: 2014년04월28일  
수정완료: 2014년05월28일

## I. 서 론

교류형교류형 플라즈마 디스플레이 패널(AC Plasma Display Panel)은 대형 디지털 텔레비전으로서 유망한 디스플레이지만 해결해야할 몇 가지 과제가 남아있는데

그 중에서도 AC PDP의 화질 개선은 중요한 문제 중 하나이다. 화질 개선을 위해서는 계조의 선형성을 확보해야하며 현재까지 서브필드를 더 추가하거나 첫 번째 유지파형을 수정하는 등의 여러 가지 방법들이 연구되어 왔지만<sup>1)~3)</sup>, 최근 고휘도 및 고명암비 제품이 개발되어 지고 있기 때문에 계조의 선형성은 더욱 중요해진다. 특히 고휘도를 갖는 고명암비의 제품일수록 계조에 있어서 휘도의 차이가 크기 때문에 비선형적인 계조가 발생 할수록 인간이 느끼는 화질은 더욱 나빠지게 된다. AC PDP는 다른 디스플레이와 달리 하나의 TV-프레임(frame, 16.67 ms)을 유지파형의 개수가 다른 여러 개의 서브필드로 나누고 각 서브필드의 조합에 의해 계조의 세기가 결정된다. 즉, 256 가지의 계조 레벨을 표현하기 위해 서브필드를 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128등의 휘도를 표시하도록 시간을 나누고 각 서브필드의 선택 및 조합에 의해 원하는 휘도를 표시할 수 있다. 예를 들면, 5의 크기를 표시하기 위해서는 첫 번째와 세 번째 서브필드가 선택되어야 하고, 7은 첫 번째, 두 번째, 세 번째 서브필드가 선택된다. 한편, 하나의 서브필드는 각각 초기화(Reset), 기입(Address), 유지(Sustain) 기간으로 나누어져 있으며, 그 중 휘도의 세기는 유지기간 동안 강한 플라즈마 방전을 발생시키는 사각파형의 수에 의해 결정되는 게 이상적이다. 그러나 계조 표현에 포함되지 않는 기입 및 첫 번째 유지방전에 의해 발생하는 휘도 또한 무시할 수 없기 때문에 실제 각 서브필드의 휘도는 약간씩 상승하게 된다<sup>4)</sup>. 유지 방전의 수가 많아서 휘도가 높은 고계조에서는 기입 및 첫 번째 유지방전의 휘도가 추가 되더라도 큰 차이가 나지 않지만, 낮은 계조끼리 비교할 때는 그 차이가 크게 보이게 된다. 또한 여러 개의 서브필드를 선택할 경우 기입 및 첫 번째 유지방전이 여러 번 발생하므로 한번 선택된 서브필드보다 휘도가 높아지면서 계조의 역전현상이 심각하게 발생하게 된다. 예를 들면, 8을 표시하기 위해서는 네 번째 서브필드만 선택되지만, 7은 첫 번째, 두 번째, 세 번째 서브필드가 선택되면서 세 쌍의 기입 및 첫 번째 유지방전이 추가되기 때문에 표시하고자하는 휘도의 세기가 8보다 커질 수 있다.

본 논문에서는 이러한 휘도 역전현상을 방지하고 계조의 선형성을 확보하기 위하여 유지 기간 중 휘도를 제어할 수 있도록 강방전과 약방전을 발생시키는 유지 파형을 제안한다. 그러나 일반적으로 만약 파형을 변화

시킨다면 구동회로의 수정과 부품의 추가가 불가피하므로 제품의 비용이 상승하게 된다. 그러므로 하드웨어적인 회로 부품의 비용 상승이 발생하지 않도록 하기 위하여 유지파형을 발생시키는 회로부분에서의 신호만 소프트웨어로 변화시켜 강방전과 약방전을 발생시키도록 수정하였고, 새로운 파형을 인가하였을 때 각 계조의 휘도를 측정하고 방전의 안정성을 실험하고자 한다.

## II. 본 론

### 1. 종래의 구동방법

그림 1은 교류형 플라즈마 디스플레이 패널(AC PDP)에서 초기화, 기입, 유지기간을 포함하는 각 서브필드에서의 일반적인 구동파형을 나타낸다. 그림 1에서는 첫 번째와 두 번째 서브필드만 보여 지고 있으나 일반적으로는 8개 이상의 서브필드로 구성되어 있다. 본 실험에서는 8개의 서브필드를 사용하였다. 첫 번째 서브필드에서만 상승 경사파 형태의 초기화 파형을 인가하였으며, 두 번째 서브필드 이후는 유지기간 중의 유지파형의 개수만 다르고 동일한 파형을 인가하였다. 초기화 기간은 PDP 셀 내에서 이전 상태의 벽전하를 지우고 다시 벽전하를 쌓아주는 기간이고 기입 기간은 발광시킬 셀을 선택하는 기간이다. 유지 기간은 사각파형이 세 개의 전극 중 상판인 X와 Y전극 간에 교대로 인가되어 강한 플라즈마 방전을 발생시켜 휘도를 표시하는 기간이다. 일반적인 256개의 휘도 레벨을 표시하기 위하여 PDP에서는 8개의 서브필드를 만들고 각각 유지

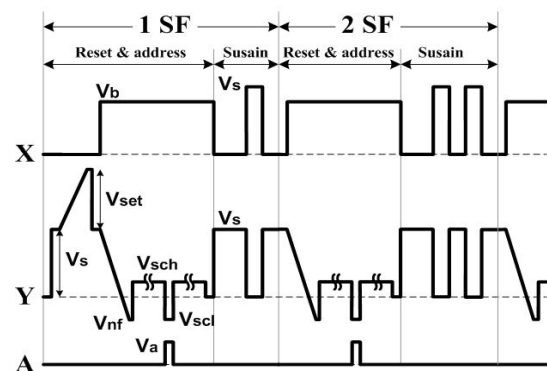


그림 1. 첫 번째와 두 번째 서브필드 시간 동안 초기화, 기입, 유지기간을 포함하는 종래의 구동파형  
Fig. 1. Conventional driving waveform including the reset, address, and sustain period during the first and second subfield time.

펄스의 수를 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 쌍을 인가하도록 파형이 설계 되었다. 그러므로 1부터 256까지의 계조 표현은 여러 서브필드의 조합에 의해서 가능하다. 그러나 플라즈마 방전은 유지 기간의 유지 파형에 의해서만 발생하는 것이 아니라 초기화와 기입기간에서도 발생한다. 초기화 기간 동안의 초기화 방전은 상승 경사파에 의한 약한 방전이므로 휘도가 매우 적을 뿐만 아니라 하나의 프레임 내에서 첫 번째 서브필드에서 한번만 발생하기 때문에 무시할 수 있다. 그러나 기입방전과 첫 번째 유지방전은 서브필드의 조합에 의해 선택된 서브필드에서는 항상 발생하게 된다. 전체 휘도를 고려하여 기입 방전을 약하게 한다면 선택된 셀에서 벽전하를 많이 쌓아주지 못하므로 플라즈마 방전이 약하게 되거나 오방전 될 가능성이 있다. 또한 첫 번째 유지방전도 마찬가지로 선택된 셀의 초기 유지방전이 약해지면 전체 방전을 불안정하게 영향을 줄 수 있다. 그리고 긴 기입 기간 후 첫 번째로 발생하는 첫 번째 유지방전은 약하기 때문에 일반적으로 첫 번째 유지파형은 계조 레벨에 포함시키지 않는다. 그러므로 실제 각 서브필드에서 발생하는 휘도는 기입방전, 첫 번째 유지방전 및 나머지 유지파형의 수에 의해 결정된다.

그림 1의 일반적인 구동 방법을 적용하고 서브필드의 조합에 의하여 0부터 60까지의 그레이 레벨의 휘도를 측정하였을 때, 그림 2와 같이 선형적으로 증가하지 않고 휘도가 역전되는 현상이 발견되었다. 그 이유는 서브필드를 조합할 때 많이 조합할수록 기입 및 첫 번째 유지방전이 조합의 수만큼 더 들어가고, 적게 조합

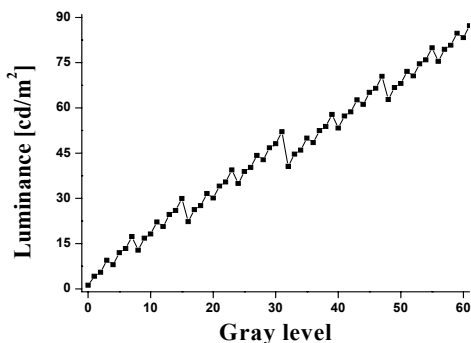


그림 2. 종래의 구동파형을 적용한 경우, 계조가 0부터 60 계조까지 변할 때 측정된 휘도

Fig. 2. Measured luminance values when the gray scale changes from 0 to 60 level in the case of adopting the conventional driving waveform.

할수록 적게 들어가기 때문이다. 예를 들면, 7의 경우 1+2+4에 의해 휘도가 결정되므로 8의 경우보다 기입 및 첫 번째 유지방전이 3배가 들어가게 되므로 7과 8의 휘도는 역전된다.

휘도 역전현상을 방지하기 위해서는 기입 및 유지방전의 크기를 최소화 하여야 하는데, 앞서 언급한바와 같이 셀이 선택되지 않거나 방전의 불안정 등 여러 문제점이 발생하기 때문에 현실적으로 불가능하다. 또한, 유지기간 중의 플라즈마 방전의 세기는 동일하므로 유지 파형의 수를 조절하여 개선하는 방법에도 한계가 있다. 본 연구에서는 구동회로의 수정 없이 유지기간 중의 플라즈마 방전의 세기를 조절하고 휘도를 제어할 수 있도록 회로의 입력 신호의 타이밍만 수정하여 종래의 강방전 외에 약방전을 발생시킬 수 있는 방법을 제안한다.

## 2. 제안된 유지파형

그림 3은 에너지 회수회로를 포함한 일반적인 유지파형을 만들기 위한 AC PDP의 구동회로를 나타낸다<sup>[5]</sup>.  $Y_R$ 과  $X_R$  은 각각 Y 전극과 X 전극에서 전압을 높이기 위한 에너지 회수 스위치며,  $Y_F$ 와  $X_F$ 는 낮추기 위한 에너지 회수 스위치다.  $Y_S$ 와  $X_S$ 는 유지 전압을 인가하고  $Y_G$ 와  $X_G$ 는 접지 전압을 인가하기 위한 스위치다.

그림 4는 유지 기간 중 일반적인 강방전을 발생시키는 사각파형(a)과 본 연구에서 제안한 약방전(b)과 강방전(c)을 발생시키는 파형들을 구현하기 위한 입력 신호들의 타이밍과 각각의 광파형을 도시한 것이다. AC

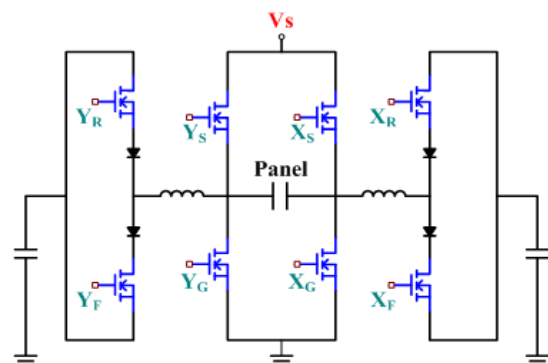
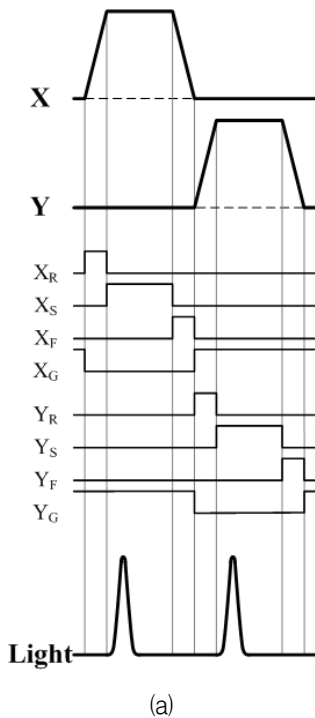
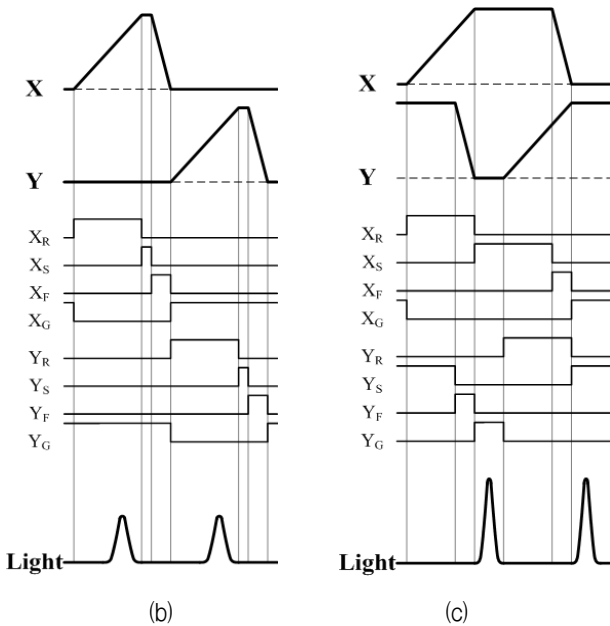


그림 3. 에너지 회수회로를 포함한 유지파형을 만들기 위한 AC PDP 구동회로의 계통도

Fig. 3. Schematic diagram of AC PDP driving circuit for producing the sustain waveform including energy recovery circuits.



(a)



(b)

(c)

그림 4. (a) 종래의, (b) 약방전, (c) 강방전을 발생시키는 유지 파형들을 구현하기 위한 입력 신호들의 타이밍과 광파형

Fig. 4. The timing diagram of the input signals and theirs light waveforms for implementing the sustain waveform in (a) conventional, (b) weak discharge (c) strong discharge.

PDP의 일반적인 계조 표시방법은 그림 4(a)와 같이 사각 파형을 인가하여 강한 플라즈마 방전을 발생시키고

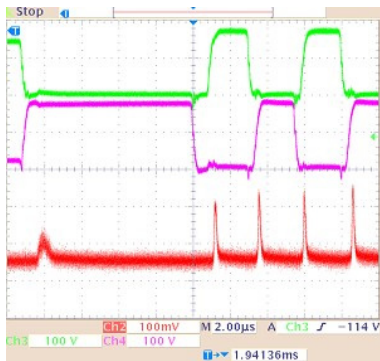
유지펄스의 수로 결정된다. 즉, 첫 번째 서브필드는 X와 Y 전극의 사각 파형이 각각 1쌍이며 두 번째 서브필드는 2쌍, 마지막 여덟 번째 서브필드는 128쌍이 인가된다. AC PDP의 각 전극에 유지파형을 발생시키기 위해서는 먼저 에너지회수 스위치가 동작하여 전압을 유지 전압만큼 올려준 뒤 유지 전압이 인가된다. 만약 에너지회수 회로가 없다면 하드 스위칭에 의한 전류 손실과 회로소자 발열의 문제가 발생하기 때문에 대부분 AC PDP의 유지회로에 적용되고 있다<sup>[6]</sup>. 유지전압이 펄스폭만큼 인가된 뒤 다시 아래쪽 에너지 회수 스위치가 동작해서 접지만큼 낮춰주고 접지 스위칭에 의한 전압은 0이 되면서 한 주기의 유지파형이 만들어진다.

유지기간에 새롭게 제안한 상승 경사파 모양을 만들기 위해서 회로에서 종래와 다르게 에너지회수 FET의 게이트 단에 파형이 올라가는 것을 제어하기 위하여 저항을 적절히 조정하였다. 그림 4(b)와 (c)는 각 FET의 입력 신호만 조절하였고 종래에 비하여 하드웨어적인 부분은 저항만 조정하였다. 새롭게 제안한 파형을 설명하면, 그림 4(b)에서 유지파형의 상승 부분의 경사를 낮게 인가하면 약방전이 발생할 것이며<sup>[7]</sup>, 그림 4(c)에서와 같이 유지파형의 최대 전압을 길게 인가한 상태에서 다른 파형이 삼각파를 인가할 동안 중첩시키게 되면 약방전은 발생하지 않는 대신 다른 유지파형이 접지로 하강한 후 X와 Y 전극간의 전위차에 의해 강방전이 발생되는 원리다.

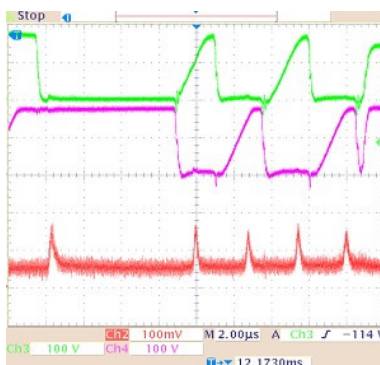
### III. 실험

그림 5는 유지기간에서 첫 번째 유지파형 인가 후 그림 3에서 제안한 구동파형들을 실제 AC PDP에 인가하여 오실로스코프에 의한 구동파형과 광파형의 사진을 나타낸 것이다. 그림 5(a)는 종래의 사각파형만 인가하였을 때 유지기간 중 강방전만 발생한 것을 보여준다. 그림 5(b)에서 상승 경사파에 의해 약방전이 발생하였음이 보여 지고 그림 5(c)에서는 중첩 파형에 의해 강방전이 그림 5(a)의 종래의 사각 파형을 인가할 때와 비슷한 크기로 발생되었다. 이러한 약방전과 강방전을 각 서브필드에 적절히 조합한다면 선형적인 계조 표현이 가능하게 될 것이다.

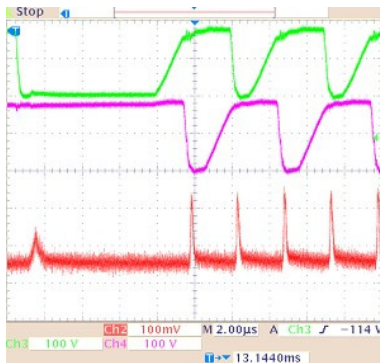
표 1에서는 종래의 각 서브필드에서 유지 파형의 수와 선형성 향상을 위하여 제안된 약방전과 강방전 파형



(a)



(b)



(c)

그림 5. (a) 종래, (b) 약방전, (c) 강방전을 위한 유지파형이 AC PDP에 인가하였을 때 오실로스코프로 측정된 구동파형과 광파형

Fig. 5. Driving and light waveforms measured by the oscilloscope when the sustain waveforms for producing (a) conventional, (b) weak discharge, (c) strong discharge apply to AC PDP.

을 적절히 조합한 새로운 계조 표현 방법을 나타낸다. 256 계조를 표현하기 위한 종래의 각 서브필드별 유지파형 쌍의 수는 앞서 언급한 바와 같이 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128개다. 그러나 새로 제안된 계조 표현방법은 각 서브필드에 약방전과 강방전을 위한 구동법을 적절

표 1. 종래와 새로운 구동 방법이 적용된 각 서브필드별 유지파형 쌍의 수

Table 1. The pair number of the sustain waveform in each subfield adopted the conventional and new driving methods.

Subfield	SF1	SF2	SF3	SF4	SF5	SF6	SF7	SF8	
Conventional	1	2	4	8	16	32	64	128	
New	Strong	0	1	3	7	16	32	64	128
	Weak	0	1	1	1	0	0	0	0

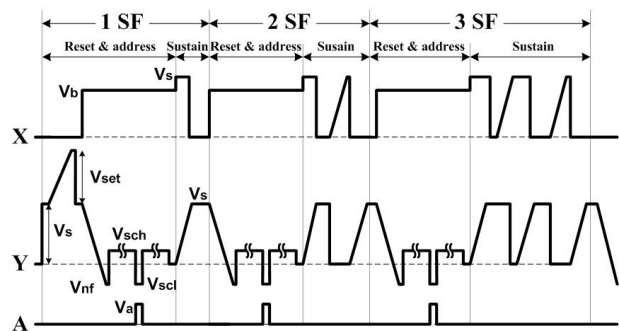


그림 6. 표1에서 제안한 새로운 계조 표현 방법이 적용된 구동파형

Fig. 6. Driving waveform adopted the new gray scale expression method suggesting in table 1.

히 조합하였다. 즉, 첫 번째 서브필드는 유지파형 없이 기입방전과 첫 번째 유지파형만 인가되었고, 두 번째 서브필드는 약방전 1쌍만, 세 번째는 약방전 1쌍과 강방전 3쌍을 인가하고, 네 번째는 약방전 1쌍과 강방전 7쌍을 인가하였다. 다섯 번째 서브필드 이후로는 유지파형의 수가 매우 많아서 휘도가 크므로 미세한 휘도조절이 필요 없기 때문에 강방전 파형만 인가되어도 계조 표현에 큰 차이는 없었다.

그림 6은 표 1에서 제안한 유지파형 쌍의 수에 맞춰 구동파형에 적용한 것을 나타낸다. 첫 번째 서브필드에서 기입간간이 끝나면 먼저 X 전극에 유지 전압을 인가한 후 Y 전극에서 기울기가 완만한 경사파를 인가하여 약방전을 발생시켰다. 이것이 계조 크기 1이다. 두 번째 서브필드에서도 마찬가지로 첫 번째 유지파형은 동일하며, 두 번째 유지파형에서는 약방전만 발생시킨다. 세 번째 서브필드에서는 첫 번째 유지파형은 동일하고, 표 1에 보였듯이 먼저 3개의 강방전을 발생시키는 파형을 인가하고 1개의 약방전 파형을 마지막에 인가하였다. 그 이유는 처음부터 약방전을 발생시키는 파형을 인가하고 뒤에 강방전 파형을 인가하면 충분치 않

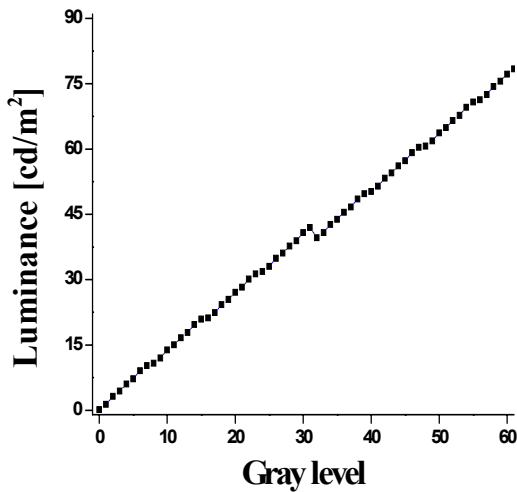


그림 7. 새로운 구동파형을 적용한 경우, 계조가 0부터 60 계조까지 변할 때 측정된 휘도

Fig. 7. Measured luminance values when the gray scale changes from 0 to 60 level in the case of adopting the new driving waveform.

는 벽전하에 의해 강방전이 발생하지 않는 경우가 있기 때문이다. 네 번째 서브필드도 마찬가지다. 표 1의 새로운 계조 표현 방법을 적용한 결과를 그림 7에 나타내었으며 그림 2와 비교해 볼 때 계조 표현의 선형성이 개선되고 휘도의 역전이 크게 줄었음을 발견하였다.

#### IV. 결 론

AC PDP에서 휘도 나타내는 계조는 하나의 TV 프레임 내에 여러 개의 서브필드를 두고 복수의 서브필드 조합에 의하여 표시되었다. 종래에는 계조 표현에 포함되지 않는 기입과 첫 번째 유지방전이 발생하는 상태에서 유지기간 중에 강방전을 발생시키는 사각 유지파형에 의해 계조가 결정되기 때문에 계조 표현에 있어서 휘도의 세기가 역전되는 현상이 발생되었다. 휘도의 역전현상을 방지하고 계조의 선형성 확보를 위해서 유지기간 중 강방전 외에 약방전도 발생시킬 수 있는 새로운 구동 방법을 적용하였고 그 결과 계조 표현에 있어서 휘도의 역전현상은 크게 사라지고 선형적 계조 표현을 구현하였다.

#### REFERENCES

- [1] K. -D. Cho, H. -S. Tae, S. -I. Chien, "Improvement of low gray scale linearity using multi-luminance-level subfield method in plasma display panel," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, Vol. 48, no. 3, pp. 377-381, Aug. 2002.
- [2] K. -H. Park, H. -S. Tae, S. -I. Chien, "New first subfield waveform for improving low gray level linearity in ac-plasma display panel," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, Vol. 51, no. 1, pp. 198-203, Feb. 2005.
- [3] S. -J. Kang, H. -C. Do, B. -G. Cho, S. -I. Chien, H. -S. Tae, "Improvement of low gray-level linearity using perceived luminance of human visual system in PDP-TV," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, Vol. 51, no. 1, pp. 204-209, Feb. 2005.
- [4] M. Yamada, M. Ishii, T. Shiga, and S. Mikoshiba, "A gray scale expression technique having constant increments of perceived luminance using a contiguous subfield scheme," *Proc. of SID 02*, pp. 940-943, May 2002.
- [5] L. F. Weber and M. B. Wood, "Energy Recovery Sustain Circuit for the AC Plasma Display," *Proc. of SID 87*, pp. 92-95, May 1987.
- [6] J. -H. Yang and K. -W. Whang, "A new energy recovery circuit for AC PDP," *Proc. of IDRC 98*, pp. 1071-1074, Sep. 1998.
- [7] K. Sakita, K. Takayama, K. Awamoto, and Y. Hashimoto, "Analysis of a weak discharge of ramp-wave driving to control wall voltage and luminance in ac-PDPs," *Proc. of SID 00*, pp. 110-113, May 2000.

#### 저 자 소 개



조 병 권(정회원)

2001년 경북대학교 전자전기공학부 학사 졸업.

2003년 경북대학교 전자공학과 석사 졸업.

2006년 경북대학교 전자공학과 박사 졸업.

2006년~2007년 경북대학교 박사후과정 연구원

2008년~현재 부경대학교 이미지시스템공학과 부교수

<주관심분야 : 디스플레이시스템, 구동회로, 영상>