

교류형 플라즈마 디스플레이에서 배경광을 줄이기 위한 계단형 경사파형

조 병 권*

Stepped Ramp Waveform to Reduce Background Light in AC Plasma Display Panel

Byung-Gwon Cho*

요 약

교류형 플라즈마 디스플레이에서 화질저하의 원인중의 하나인 배경광을 낮추기 위하여 초기화 기간에서 인가되는 전압 파형이 수정되었다. 일반적으로 초기화 기간에는 약한 플라즈마 방전을 발생시키기 위하여 경사 파형을 사용하지만 여전히 상당한 배경광이 발생하여 AC PDP의 명암비를 저하시킨다. 배경광을 낮추기 위하여 경사 파형의 기울기를 낮추면 초기화 시간이 많이 걸리는 단점이 있으며, 초기화 전압을 낮추면 다음 단계인 기입 방전의 세기가 약화되어 방전이 또한 실패한다. 본 연구에서는 초기화 시간을 늘리지 않고 기입 방전의 세기를 유지하면서 배경광을 줄이기 위하여 초기화 기간 동안 방전이 발생하는 시점을 먼저 조사하였다. 그 후 방전이 발생하는 시간에 경사 파형의 인가를 잠시 중단하고, 방전이 약해지면 다시 인가하는 방법으로 방전의 세기를 제어하였다. 그 결과 배경광을 0.71에서 0.52cd/m²로 단축시킬 수 있었다.

Abstract

The voltage waveform applied in the reset period has been modified to lower the background light, which is one of the causes of the image quality degradation in the AC plasma display panel. In general, the ramp waveform is used to generate a weak plasma discharge during the reset period, but still considerable background light is generated, which lowers the contrast ratio of the AC PDP. Lowering the slope of the ramp waveform in order to lower the background light takes a lot of reset time. If the reset voltage is lowered, the strength of the write discharge, which is the next step, is weakened and the discharge also fails. In this study, we investigated the timing of discharge generation during the reset period to reduce the background light while maintaining the intensity of the write discharge without increasing the reset time. Thereafter, the application of the ramp waveform was temporarily stopped at the time when the discharge occurred, and the intensity of the discharge was controlled by applying again when the discharge became weak. As a result, the background light could be shortened from 0.71 to 0.52cd/m².

Keywords

background light, reset discharge, reset period, ramp waveform, contrast ratio

* 부경대학교 융합디스플레이공학과 교수
- ORCID: <http://orcid.org/00-0002-0563-3494>

· Received: Oct. 21, 2019, Revised: Dec. 04, 2019, Accepted: Dec. 07, 2019
· Corresponding Author: Byung-Gwon Cho
Dept. of Display Engineering, Pukyong National University, Korea.
Tel.: +82-51-629-6417, Email: bgcho@pknu.ac.kr

I. 서 론

교류형 플라즈마 디스플레이 패널(AC PDP)은 대형 텔레비전으로서 각광받던 장치였으나 여러 가지 문제점에 의해 다른 디스플레이 장치보다 열세에 있어왔다[1]. 그 중에서 계조의 비선형성에 의한 휘도의 역전 현상 등의 AC PDP의 화질 개선은 시급히 해결되어야 할 중요한 문제 중에 하나이다[2]. 이전 연구에서 부-프레임을 더 추가하거나, 첫 번째 유지파형을 수정하거나, 유지 파형의 모양을 변경하는 등의 여러 가지 개선책을 제시하였으나, 여전히 근본적인 문제점은 해결되지 않았다[3]-[5].

AC PDP는 하나의 TV 프레임(Frame, 16.67ms) 시간 내에서 유지 파형의 개수가 다른 여러 개의 부-프레임의 선택에 의한 조합에 의해 계조를 표현한다[6]. 또한 각 부-프레임은 초기화, 기입, 유지 기간으로 나뉜다. 초기화 기간은 이전 방전에 의해 셀 내부에 남아있는 벽전하들을 제거하고 다시 초기 상태로 쌓아주는 역할을 하고, 기입 기간에서는 각 부-프레임에서 빛을 발생시킬 셀이 선택된다. 마지막으로 유지 기간에서는 두 전극에 교대로 인가되는 사각 파형에 의해 빛을 발생된다. 유지 기간의 사각 파형이 인가될 때 강한 플라즈마 방전이 발생되고 사각 파형의 개수에 의해 각 부-프레임 시간에서 계조가 표현된다. 예를 들어 전체가 256 개의 계조를 표현하고 부-프레임의 수가 8개 일 때 각 부-프레임의 유지 파형의 개수를 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128의 비율로 구성한다[7]. AC PDP에서의 계조는 각 부-프레임을 조합하여 휘도를 표시된다. 예를 들면, 6의 계조가 표현된다면 2와 4를 합하면 되므로 두 번째와 세 번째의 부-프레임이 선택되면 된다. 그런데, 앞서 언급하였듯이 셀이 선택되면 방전에 의해 빛이 발생하는 시간은 기입 및 유지 기간이다. 그러나 셀이 선택되든 안 되든 초기화 기간에서의 방전은 항상 발생하므로 검정색 화면에서도 빛이 발생하는 현상이 발생한다[8]. 그러므로 초기화 기간에서 기본적으로 높은 배경광을 발생시키고 있기 때문에 표현하고자하는 계조에서 휘도 레벨은 원하는 값보다 전체적으로 높아진다. 높아진 검정 화면의 휘도는 낮은 명암비를 유발하고 계조를 표현할 때 전체적으로 밝아지는 뿌옇게 되는 현상이

발생하기 때문에 배경광의 세기를 낮춰야 한다.

초창기에 개발된 AC PDP에서는 초기화 기간에 벽전하를 소거하고 다시 쌓아주기 위하여 높은 전압을 갖는 사각 파형을 이용하였으나 강한 방전이 발생되기 때문에 배경광이 상당히 높은 편이었다. 그 후 배경광을 낮추고 일정한 양의 벽전하를 쌓아주기 위하여 경사 파형이 사용되었으나 여전히 밝기가 높은 편이기 때문에 계조의 구현에 어려움이 있다. 초기화 기간에서 벽전하 소거와 축적의 역할에 충실하면서 배경광을 낮추기 위해서는 먼저 초기화 기간에 인가되는 전압 파형을 분석하고, 방전이 발생하는 현상이 관찰되어야 한다.

본 논문에서는 일반적인 초기화 파형으로 사용되는 상승과 하강 경사 파형의 동작 원리를 분석하고 초기화 기간 동안 경사 파형이 인가될 때 광파형이 측정될 것이다. 배경광을 낮추기 위하여 경사 파형의 기울기를 낮추면 전압 파형이 인가되는 시간이 증가하고 약한 초기화 방전에 의해 쌓이는 벽전하의 양도 줄어들기 때문에 다음 단계의 기입 방전이 약화된다. 한편 초기화 전압을 낮추면 약한 방전이 발생하는 도중에 끝나기 때문에 쌓이는 벽전하의 양이 현저하게 줄어들고 기입 방전은 또한 실패한다. 그러므로 초기화 시간을 늘리지 않고 기입 방전의 세기를 유지하면서 배경광을 줄이기 위하여 초기화 기간 동안 방전이 발생하는 시점을 먼저 조사하였다. 그리고 방전이 발생하는 시간에 경사 파형의 인가를 일정시간 잠시 중단하고, 방전이 약해질 때 다시 경사 파형을 인가하는 방법으로 방전의 세기를 제어하였다. 상승 및 하강 경사 파형의 기울기와 전압의 높이를 변화하였을 때의 배경광 및 기입 방전의 특성이 각각 측정되었고, 최적의 경사파형의 기울기와 전압의 높이의 조건하에서 새로운 구동 파형이 제안되고 실험되었다.

II. 실험 설정

그림 1은 이 연구에 사용된 SD급 6인치 테스트 패널에서 휘도 및 광파형을 측정하는데 사용된 전기 및 광학 시스템의 모식도를 나타낸다. 측정 시스템은 패널, 구동회로, 광측정 장비로 구성된다. AC PDP는 세 가지 종류의 전극을 사용하는데, 상판에

는 수평 방향으로 유지(X) 및 주사(Y) 전극이 각 셀마다 교대로 나열되어 있고, 하판에는 수직 방향으로 기입(W) 전극이 각 셀마다 나열되어 있다. 즉, 하나의 셀에서 상판에 2개, 하판에 1개의 전극이 존재한다. 그러므로 구동회로 또한 크게 3개가 필요하다. 유지 전극에는 모두 같은 파형이 동시에 인가되는 하나의 유지 회로가 사용되며, 주사 전극에는 기입 기간에만 각각 순차적으로 다른 파형이 인가되는 구동 회로가 적용된다. 하판의 기입 전극에는 기입 회로가 각 셀에 연결되어 있고 기입 기간에만 파형이 인가되어 순차적으로 인가되는 주사 파형과 동시에 동작한다. 상판과 하판 사이에 존재하는 셀 내부의 방전 공간에는 일반적인 Ne-Xe 혼합 가스가 사용되었다. 패널에서 방출되는 가시광선을 측정하기 위하여 감광장치가 이용되었고 오실로스코프 장비로 측정되었다.

내었다. 하판에서 격벽은 각 셀마다 나누어지는 경계를 의미한다. 패널 내부에서는 Ne(93%)-Xe(7%)의 함량을 갖는 혼합 가스가 사용되었다.

그림 2는 TV 프레임 시간 중에서 하나의 부 프레임 시간 동안에 그림 1에 있는 패널의 세 전극에 인가된 본 실험에 사용되는 구동 파형을 나타낸다. AC PDP의 구동방법에 있어서, 하나의 TV 프레임 시간 내에서 유지 펄스의 개수가 다른 8개의 부-프레임의 선택 및 조합으로 각 계조를 표시하고, 부-프레임은 각각 초기화(Reset), 기입(Write), 유지(Sustain) 기간으로 구성된다. 초기화 기간에서는 높은 경사파 전압이 주사 전극에 인가되기 때문에 셀 내부에 남아있는 벽전하들을 소거하고 다시 축적시키는 역할을 한다. 축적된 벽전하는 기입기간 중에 주사 및 기입 펄스에 의해 방전이 발생하게 도움을 준다.

표 1. 본 연구에 사용된 패널의 사양
Table 1. Specification of panel in this study

Front plate (μm)		Rear plate (μm)	
Bus electrode width	110	Write electrode width	150
ITO width	360	Barrier rib height	120
ITO gap	85	Barrier rib width	60
Ne(93%)-Xe(7%) gas mixture			

표 1에서는 실험에 사용된 패널의 사양을 보이고 있다. 상판에서는 버스전극의 폭, ITO 전극의 폭, 두 ITO전극 사이의 간격이 기록되어있다. 상판에서의 버스 전극은 유지 및 주사 전극을 나타내고, ITO는 버스 전극위에 있는 투명 전극이다. 하판에는 기입 전극의 폭, 격벽의 높이, 격벽의 폭이 나타

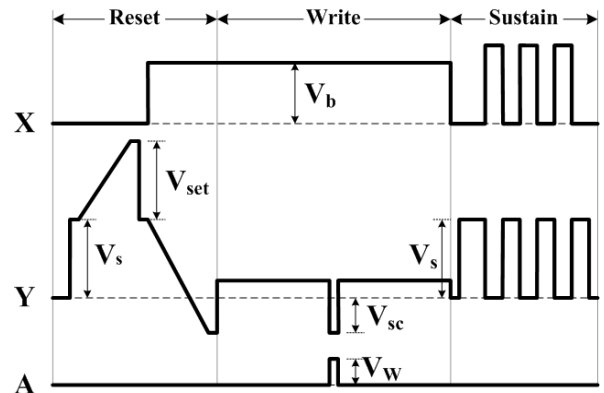


그림 2. 하나의 부-프레임 시간 동안에 AC PDP의 세 전극에 인가되는 구동파형
Fig. 2. Driving waveform applied to three electrodes of AC PDP during one sub-frame time

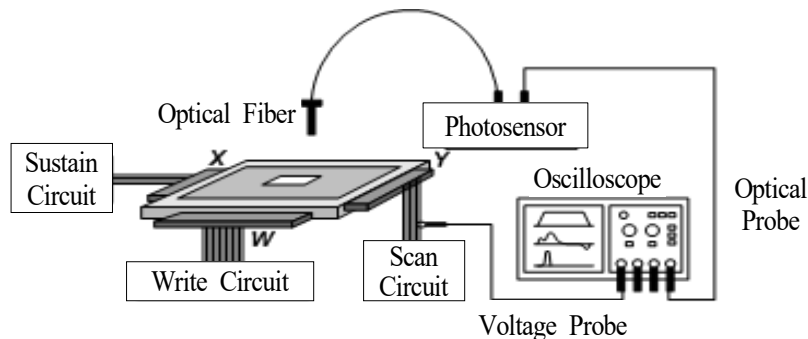


그림 1. 실험에 사용된 패널 및 장비들의 모식도
Fig. 1. Schematic diagram of panel and equipments used in the experiment

기입 방전은 화면에 표시할 셀을 선택하고 유지 기간에서는 선택된 셀에서만 강한 방전이 발생하도록 상판의 두 전극인 X와 Y전극에 사각 펄스가 인가된다. 유지 기간에서의 유지 펄스의 개수는 부-프레임 마다 상이하며 각각 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 쌍으로 구성되어 있다.

표 2는 그림 2에서 사용된 전압 기호들의 명칭과 레벨을 나타낸다. 실험 전압은 기준 전압과 비교하여 초기화 전압(V_{set}), 바이어스 전압(V_b), 주사전압(V_{sc1})이 동시에 50 V 간격으로 동시에 변화한다. 초기화 전압은 주사전극에만 사용되고 바이어스 전압은 유지 전극에서만 인가된다. 유지 전압은 유지 및 주사 전극에서 같이 사용되고 기입 전압은 기입 전극에서만 인가된다.

표 2. 기호의 명칭과 전압 레벨
Table 2. Name and voltage level of symbols

Symbol	Name	Voltage level [V]
V_{set}	Reset voltage	200
V_s	Sustain voltage	180
V_b	Bias voltage	160
V_{sc}	Scan voltage	-20
V_w	Write voltage	60

III. 초기화 파형의 변화

3.1 기울기의 변화

그림 2에서 보이듯이 초기화 기간 중에서 초반에는 주사 전극에만 사각 파형이 곧바로 인가되는 이유는 그 정도의 전압에서 방전이 발생하지 않기 때문이다. 그 후 상승 경사파가 인가되면 도중에 약한 방전이 발생하면서 세 전극에 벽전하를 축적하게 된다. 전압이 최고점에 도착한 후 갑자기 유지 전압까지 급하게 내려가고 유지 전극에서는 바이어스 전압이 인가된다. 그러나 이 정도의 큰 전압의 급격한 변화가 있을지라도 셀 내부에 축적된 벽전하에 의해 소거 방전이 발생하지 않는다. 그 후 주사 전극에는 하강 경사파가 인가되면서 주로 유지 및 주사전극 사이의 소거 방전이 발생한다. 이것은 적절한 방전을 발생시켜서 벽전하를 소거시키고 기입 방전이 없을 때 유지 기간에서 방전의 발생을 방지하는 것이다.

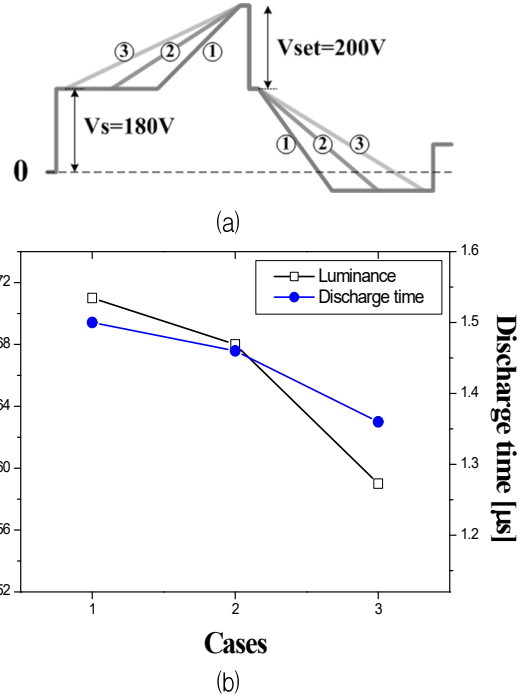


그림 3. 초기화 기간에서 주사전극에 인가된 다양한 기울기를 가진 경사 파형들(a)과 경사 파형의 기울기에 따른 휘도 및 기입 방전 지연 시간의 변화(b)
Fig. 3. Ramp waveforms with various slopes applied to the scan electrode during reset period (a) and change in luminance and write discharge delay time according to the slope of ramp waveform (b)

표 3. 다양한 기울기를 가진 경사 파형의 경우에 인가된 전압, 시간, 기울기

Table 3. Voltage, time, and slope applied for ramp waveforms with various slopes

Case	Voltage [V]	Time [ms]	Slope [V/ms]
1	200	100	2.00
2	200	140	1.43
3	200	180	1.11

그림 3(a)에서는 초기화 기간 동안 주사 전극에 다양한 기울기의 경사 파형을 인가하였을 때의 전압 파형을 그린 것이다. 그림 3(b)는 다양한 경사파형의 기울기에 따른 측정된 배경광의 휘도 및 기입 기간에서의 기입 방전 지연 시간을 나타내었다.

또한 표 3에서는 그림 3(a)에서 그려진 경사 파형에서 사용된 전압, 시간, 파형의 기울기를 각각 표시하였다. 동일한 최고전압 조건에서 경사 파형이 인가되는 시간을 100µs부터 180µs까지 40µs 간격으로 배경광의 휘도 및 기입방전의 지연시간이 측정

되었다. 그림 3(b)에서 보이듯이 경사파의 인가 시간이 길어질수록 초기화 방전의 세기가 약해지기 때문에 배경광의 휘도는 하강하지만, 벽전하의 축적되는 양도 적어지기 때문에 기입기간에서 방전이 약화되어 기입 방전 지연시간이 길어지게 된다.

3.2 전압 높이의 변화

그림 4(a)에서는 초기화 기간 동안 주사 전극에 여러 가지 전압 높이를 인가한 경사 파형을 그린 것이다. 그림 4(b)는 전압 높이의 변화에 따른 측정된 배경광의 휘도 및 기입 기간에서의 기입방전의 지연시간을 나타내었다. 또한 표 4에서는 그림 4(a)에서 그려진 경사 파형에서 사용된 전압, 시간, 파형의 기울기를 각각 표시하였다. 동일한 경사 파형의 기울기 조건에서 경사 파형의 전압 높이를 200V 부터 120V까지 40V 간격으로 배경광의 휘도 및 기입 방전의 지연시간이 측정되었다.

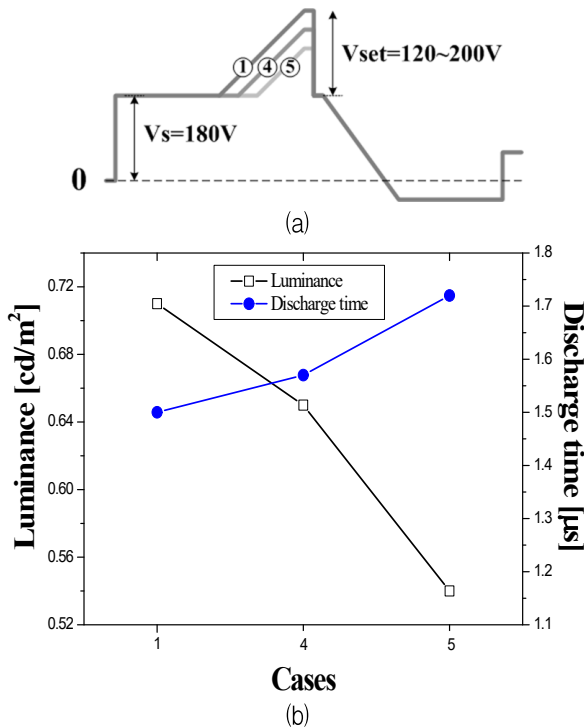


그림 4. 초기화 기간에서 주사전극에 인가된 다양한 전압 높이를 가진 경사 파형들(a)과 경사 파형의 전압 높이에 따른 휘도 및 기입 방전 지연 시간의 변화(b)

Fig. 4. Ramp waveforms with various voltage height applied to the scan electrode during reset period (a) and change in luminance and write discharge delay time according to voltage height of the ramp waveform (b)

표 4. 다양한 전압 높이를 가진 경사 파형의 경우에 인가된 전압, 시간, 기울기

Table 4. Voltage, time, and slope applied for ramp waveforms with various voltage heights

Case	Voltage [V]	Time [ms]	Slope [V/ms]
1	200	100	2.00
4	160	80	2.00
5	120	60	2.00

그림 4(b)에서 확인되듯이, 경사파의 전압이 낮아질수록 초기화 방전이 발생하는 시간이 짧아져서 배경광의 휘도가 급격히 낮아진다. 그러나 경사 파형의 기울기의 변화와 마찬가지로 낮은 전압에 의해 초기화 기간에 벽전하를 충분히 쌓지 못했기 때문에 기입방전의 지연시간 또한 길어지게 되거나 방전이 실패한다.

IV. 새로운 구동방법

초기화 기간에서 경사 파형의 기울기가 낮아질때 배경광의 휘도는 줄어드나 기입 방전의 지연시간은 늘어나게 되고, 전압의 높이가 낮아지면 배경광의 세기는 낮출 수 있으나 기입 방전의 지연시간은 또한 늘어남을 그림 3과 4에서 확인하였다. 두 가지의 실험 결과 기울기와 전압은 각각 2.0V/μs와 200V로 유지해야 기입 방전의 지연시간이 크게 변화가 없을 것을 확인하였다. 그러므로 같은 기울기와 전압을 유지하면서 방전을 억제하고 배경광의 휘도를 낮추기 위해서는 경사파형이 상승할 때 일정 간격으로 쉬는 시간이 있어야 한다.

그림 5(a)는 AC PDP의 초기화 기간에서 주사 전극에 인가되는 새로운 구동 파형이다. 다른 유지 및 기입 전극의 구동파형은 이전과 동일하다. 그림 5(a)에서 보이듯이 상승 경사파 중간에 쉬는 시간이 있기 때문에 사각형의 계단 파형과는 다르다. 경사 파형의 상승 시간에는 셀 내부에 남은 벽전하의 양에 따라 방전이 조금 일찍 발생하는 경우도 있기 때문에 초반부터 새로운 방법을 적용하였다. 경사 파형의 하강 시간에는 방전이 발생하는 시간을 측정하여 처음에는 기존처럼 하강하다가 100 V부터 새로운 파형이 사용되었다.

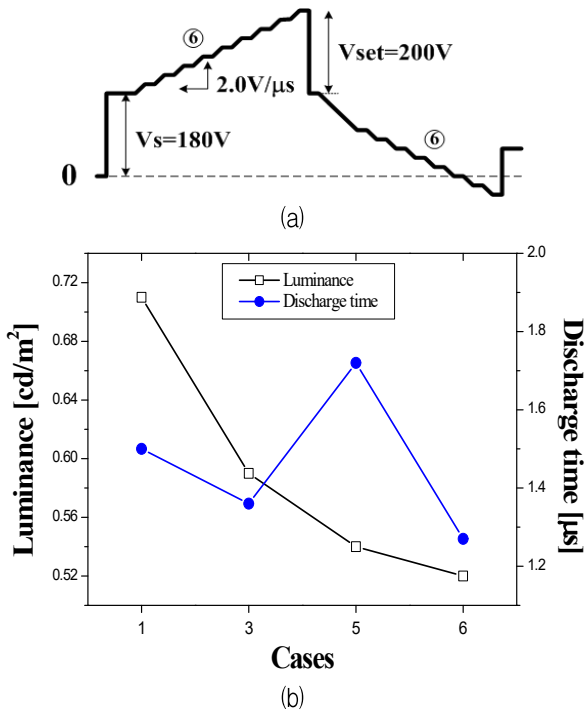


그림 5. AC PDP의 초기화 기간에서 주사 전극에 인가되는 새로운 구동 파형(a)과 여러 가지 경우에 대한 휘도 및 기입 방전 지연 시간의 변화(b)

Fig. 5. New driving waveform applied to scan electrode during reset period of AC PDP (a) and change in luminance and write discharge delay time for various cases (b)

그림 5(b)는 초기화 기간에서 주사 전극에 인가되는 전압의 기울기의 변화, 전압 높이의 변화, 그리고 새롭게 제안한 계단형 경사 파형의 배경광 휘도 및 기입 방전 시간을 나타낸다. 즉, 그림 5(b)는 그림 3(b)와 4(b), 그리고 새로운 구동파형을 적용했을 때의 결과를 한꺼번에 그린 것이다. 그림 5(b)에서 세 번째 경우는 기울기를 늘린 것이고, 다섯 번째 경우는 전압 높이를 낮춘 것이다.

표 5. 다양한 기울기 및 전압 높이를 가진 경사 파형의 경우에 인가된 전압, 시간, 기울기

Table 5. Voltage, time, and slope applied for ramp waveforms with various slope and voltage heights

Case	Voltage [V]	Time [ms]	Slope [V/ms]
1	200	100	2.00
2	200	140	1.43
3	200	180	1.11
4	160	80	2.00
5	120	60	2.00
6	200	180	2.00

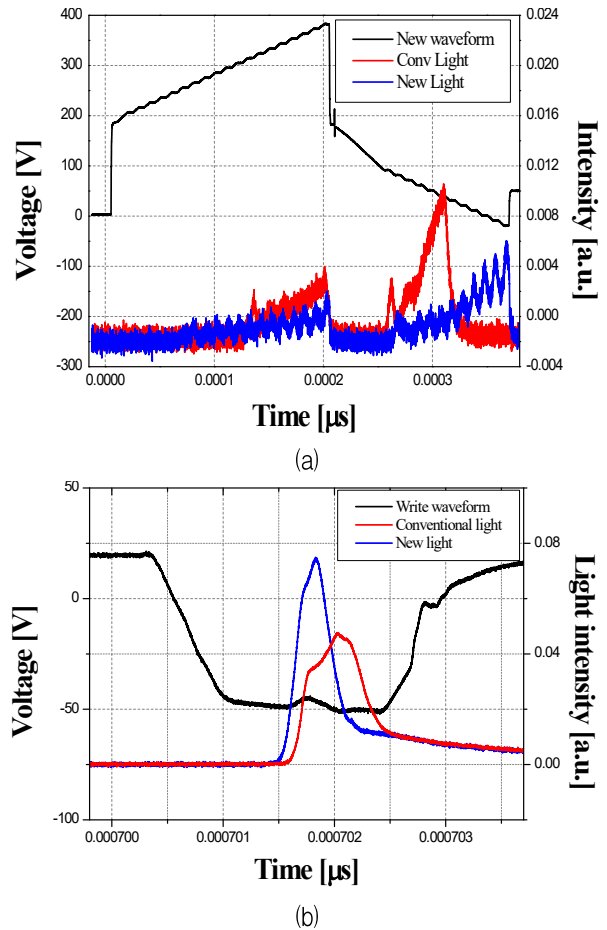


그림 6. 종래와 새로운 구동파형을 적용할 때 초기화 기간(a)과 기입 기간(b)에서 광파형의 비교

Fig. 6. Comparison of light waveforms during reset period (a) and write period (b) when conventional and new driving waveforms are applied

새로운 구동파형을 적용하였을 때 종래와 비교해서 배경광 휘도는 0.71에서 0.52cd/m²로 36% 낮출 수 있었고, 기입 방전 시간 또한 1.5에서 1.25μs로 20% 줄일 수 있었다. 표 5에서는 다양한 기울기 및 전압 높이를 가진 경사 파형에서 사용된 전압, 시간, 파형의 기울기를 각각 표시하였다.

그림 6은 종래와 새로운 구동파형을 적용하였을 때 초기화 기간과 기입 기간에서의 광파형을 측정하고 비교한 그림이다. 그림 6(a)에서 새로운 구동파형을 적용하였을 때 종래와 비교해서 초기화 기간에 발생한 광파형의 세기가 현저히 낮아졌다.

특히 지속적으로 방전이 발생했던 종래의 경우와 비교해서, 새로운 구동 방법에서는 경사파가 인가되지 않는 시간에서 방전이 다시 줄어들기 때문에 전체적으로 방전의 세기가 약화됨을 볼 수 있다.

그림 6(b)는 기입 기간에서 주사 전극에 펄스가 인가될 때 종래와 새로운 구동파형의 광과형을 나타내었다. 그림 6에서 확인하였듯이 새로운 구동파형을 적용하였을 때 광과형의 양은 줄어들었지만 소거되는 벽전하의 양이 줄어들었기 때문에 기입방전이 더 빠르게 발생되었다.

V. 결 론

교류형 플라즈마 디스플레이 패널에서 초기화 기간의 경사 파형의 기울기와 전압 높이를 변화시켜서 배경광과 기입 방전의 특성을 조사하였다. 초기화 전압 파형의 기울기가 낮아질수록 배경광의 휘도는 낮아지고 기입 방전의 지연시간은 단축되었다. 이것은 약한 방전의 발생이 휘도를 낮출 수 있을 뿐만 아니라 벽전하를 더 많이 쌓이게 한다는 것을 의미한다. 반면에 경사 파형의 전압의 크기가 낮아질수록 휘도는 낮아졌으나 기입 방전의 지연시간은 매우 길어졌다. 이것은 낮아진 초기화 전압에 의해 벽전하를 쌓을 전압이 부족하기 때문이다. 그러므로 배경광의 휘도를 낮추고 기입 방전특성도 향상시키기 위하여 수정된 구동파형을 적용한 결과 휘도는 0.71에서 0.52cd/m²로 낮출 수 있었고, 방전 지연시간 또한 1.5에서 1.25 μ s로 낮출 수 있었다.

References

[1] S. S. Park and B. G. Cho, "Additional Write Voltage for Shortening delay time of Discharge in Plasma Display Panel", Journal of KIIT, Vol. 15, No. 8, pp. 27-32, Aug. 2017.

[2] S. J. Kang, H. C. Do, B. G. Cho, S. I. Chien, and 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.

[3] K. D. Cho, H. S. Tae, and 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.

[4] K. H. Park, H. S. Tae, and 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.

[5] B. G. Cho, "Study on Discharge Delay Time in AC Plasma Display Panel with Linear Gray Scale", Journal of KIIT, Vol. 15, No. 2, pp. 47-52, Feb. 2017.

[6] S. Kanagu, Y. Kanazawa, T. Shinoda, K. Yoshikawa, and T. Nanto, "A 31-in.-Diagonal Full-Color Surface-Discharge ac Plasma Display Panel", Society for Information Display, pp. 713-716, May 1992.

[7] J. H. Seo and S. H. Lee, "New driving method for gray scale expression in AC plasma display panel", IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol. 50, no. 2, pp. 407-412, May 2004.

[8] S. K. Jang, C. S. Park, and H. S. Tae, "A New Reset Waveform for Stable Discharge Under Variable Panel Temperatures in AC-Plasma Display Panel", Molecular Crystals and Liquid Crystals, Vol. 551, pp. 86-94, Oct. 2011.

저자소개

조 병 권 (Byung-Gwon Cho)



2001년 2월 : 경북대학교
전자전기공학부(공학사)

2003년 2월 : 경북대학교
전자공학과(공학석사)

2006년 8월 : 경북대학교
전자공학과(공학박사)

2008년 3월 ~ 현재 : 부경대학교

융합디스플레이공학과 교수

관심분야 : 디스플레이 시스템, 고전압 회로, 영상정보시스템