

## PDLC의 전기광학적 특성

김 원 재, 박 세 광

## The electro-optical characteristics of PDLC

Wonjae Kim and Sekwang Park

## 요 약

최근에 액정을 이용한 대형 디스플레이 장치를 만들기 위하여 PDLC(Polymer Dispersed Liquid Crystal)가 활발하게 개발되고 있다. 이것은 광손실이 적고 휘도가 높으며 제작 공정이 간단하여, 대형 디스플레이 장치로 제작하기 쉽다. 본 연구에서는 PDLC의 전기광학적 특성을 알아보기 위해 응답속도와 인가전압에 따른 광투과량을 측정하였다. 측정방법은 He-Ne 레이저를 PDLC 셀에 조사하고, 투과된 광량은 광다이오드를 사용하여 측정하였다. 측정결과는 디지털 오실로스코프로 분석하고 그래픽으로 표시하였으며, 측정된 데이터를 가지고 기존의 LCD와 비교하여 디스플레이 장치로서의 가능성을 연구하였다.

## Abstract

Recently, the PDLC(Polymer Dispersed Liquid Crystal) is being developed lively to make a large display device using a liquid crystal. Because of low light loss, high brightness, and simple fabrication process, it is made easily to large display device, In this study, the response time and light transmittance by the applied voltage is measured to analyze the electro-optical characteristics of PDLC. The He-Ne laser is applied to the PDLC cell, the light transmittance is measured using the photodiode and the result is analyzed and displayed graphically by the digital oscilloscope. The result of comparison between the PDLC and the present LCD is used to study the potential as a display device.

## 서 론

정보 통신 산업의 발달로 인하여 최근에는 고해상도와 대형 화면에 대한 요구와 휴대성을 강조하는 박형, 경량, 저소비 전력화의 필요에 의해 평판 디스플레이 기술 개발의 요구가 점점 증가하고 있다.

현재 대표적인 디스플레이 장치로서는 CRT(Cathode Ray Tube)로서 30:1이상인 콘트라스트비와 1만 시간이상의 수명이 보증되어 화상 표시로는 대단히 우수한 장치이지만, 진공관이어서 부피가 크고 무거우며 완전한 평면으로 하기가 곤란하여 가장자리부가 찌그러지는 문제가 있다. 또 전자빔으로 형광체를 발광시켜 화상을 표시하기 때문에 고전압을 필요로 하는 CRT는 최근의 전자회로의 IC화에는 적합하지 않다.

\* 경북대학교 대학원 전기공학과 (Dept. of Electrical Eng., Graduate school, Kyungpook National Univ.)  
<접수일자 : 1998년 8월 11일>

EL(ElectroLuminescence), FED(Field Emission Display), PDP(Plasma Display Panel), LCD(Liquid Crystal Display) 등에 의한 평판 디스플레이 장치는 이러한 CRT의 문제점을 근본적으로 해결할 수 있는 가능성을 가지는 것으로 일찍부터 주목되어 연구 개발로 추진되었다. 그러나 EL, FED, PDP 등 발광형 디스플레이 장치는 발광 효율이 낮고 고전압을 필요로 한다는 결점이 있다. 그에 반해 LCD는 수광형 디스플레이 장치이며 저전압, 저소비 전력으로 동작하는 점이란 큰 특징으로 다른 디스플레이 장치와는 크게 다른 점이다. 그러나 LCD는 휘도가 낮고 시야각 의존성이 있으며 대형 LCD를 만드는 경우에는 넓은 기판 위에 배향막을 형성하고 액정을 균일하게 분포시켜 밀봉해야 하므로 제작하기가 매우 어렵다. 또한 대형 화면을 만드는 경우에는 전극수가 많아지므로 각각의 전극에 인가되는 전압 파형의 duty ratio가 감소하여 응답속도가 느린 LCD에서는 동화상 표시에서 부자연감을 주게 된다.<sup>[1]</sup>

따라서 HDTV 및 대형 LCD 장치를 위한 방안으로 다공성 폴리머 필름에 저분자 액정을 함침시킨 PDLC (Polymer Dispersed Liquid Crystal)를 이용한 LCD의 개발이 이루어지고 있다. 이것은 편광판과 배향막 처리가 필요하지 않기 때문에 광손실이 적고 휘도가 높으며 제작 공정이 간단하여 대형 디스플레이 장치로 제작하기에 용이한 장점이 있어 그 개발이 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 PDLC의 전기광학적 특성을 알아보기 위해 측정장치를 제작하고 응답속도와 인가전압에 따른 광투과량을 측정하여 디스플레이 장치로서의 개발 가능성을 연구하였다.<sup>[2]-[4]</sup>

정이 간단해지고 투과광의 세기가 증가되는 이점뿐 아니라 시야각이 3배 정도로 개선된다고 보고되고 있다.<sup>[5]</sup>



(a) 무전계 (불투명)                      (b) 전계인가 (투명)

그림 1. PDLC 동작.

실험에 사용될 PDLC의 제작 방법은 UV oligomer, multifunctional monomer, 광개시제 및 저분자 액정을 적절한 비율로 균일하게 섞은 다음 상온에서 혼합하고 일정한 온도로 유지된 패널 위에서 마일러 필름을 사용하여 11.7 $\mu$ m로 간격을 유지한 두 ITO 유리판 사이에 액정 혼합물을 모세관 현상에 의해 스며들게 하였다. 이 시료를 파장이 312nm인 UV 램프로 일정 시간동안 노광하면 PDLC cell이 완성된다. 그림 2는 제작된 PDLC cell의 단면을 나타낸 것이다.

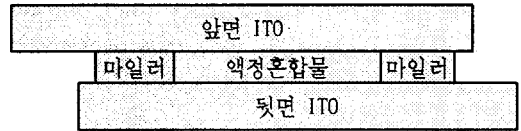


그림 2. PDLC cell의 단면도.

**전기광학적 특성측정**

**PDLC 제작**

PDLC는 polymer matrix 혹은 가교된 polymer matrix에 유전율 이방성이 양인 nematic 액정을 함침시킨 것을 ITO glass 사이에 넣어 박막 구조를 취하고 있다. 이와 같은 구조를 하면 무전계에서는 저분자 액정이 polymer matrix의 외벽에 따라 무질서하게 배향되어 있으므로 광산란을 일으켜 불투명하게 되지만, 전압을 인가하면는 전장 방향을 따라 액정이 배열되어 투명상태로 된다. 따라서 TN(Twisted Nematic) 방식의 LCD에서 사용되는 배향막과 편광판이 필요없어 공

PDLC의 전기광학적 특성을 알기 위해 응답속도와 인가전압에 따른 광투과량을 측정하였다. 측정하는 방법은 직선성이 좋은 He-Ne 레이저를 PDLC에 조사시켜 광다이오드로 그 투과광을 측정하고, 디지털 오실로스코프를 사용하여 그 결과를 그래픽으로 디스플레이 되도록 하였다. PDLC 구동은 제작한 구동회로에 함수발생기를 연결하여 사용하였으며 인가전압의 크기와 주파수를 임의로 조절할 수 있도록 하였다.

PDLC에 조사하는 광원으로는 일반적인 전구를 사용하여 측정할 수 있지만 좀더 나은 결과를 얻기 위해

직선성이 우수한 He-Ne 레이저를 사용하였으며, PDLC를 투과한 광량을 측정하기 위해 HAMAMATSU사의 광다이오드 S236-8K와 출력신호를 전압으로 바꾸기 위한 저항을 디지털 오실로스코프에 병렬로 연결하였다.

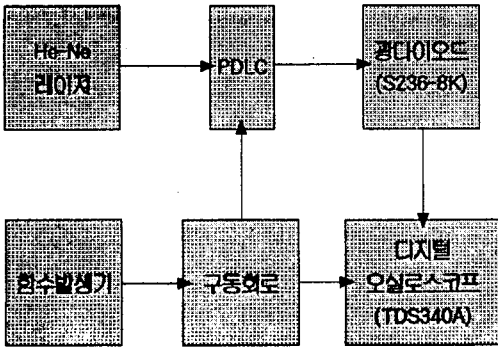


그림 3. PDLC 특성을 측정을 위한 시스템 개략도.

전기광학적 특성을 측정하기 위한 디지털 오실로스코프는 Tektronix TDS340A를 사용하였다. 이것은 디지털 신호처리를 할 수 있기 때문에 신호를 쉽게 분석할 수 있다. 2개의 입력채널을 갖추고 있으며 각 채널은 최고 1,000개의 샘플과 8비트 해상도를 갖고 있다. 또한 양쪽 채널에 인가되는 파형을 동시에 획득할 수 있고 최대 샘플링 속도는 500MHz/sec, 아날로그 대역폭은 100MHz이다.

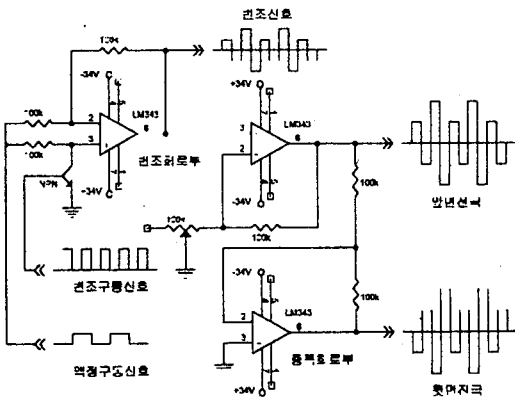


그림 4. PDLC 구동회로.

PDLC의 구동회로는 크게 변조회로부와 증폭회로부로 나뉘어진다. 변조회로부는 트랜지스터의 베이스단에 구형파를 인가시켜 OP-AMP의 입력단자에 들어오는 맥정구동신호를 반전과 비반전으로 반복시킨다. 이것은

인가전압의 평균값이 제로가 되도록 하여 무극성인 액정이 열화가 되지 않도록 한다. 증폭회로부는  $\pm 34V$  전원으로 동작하는 두 개의 OP-AMP를 사용하여 증폭회로를 구성하였으며, 변조회로부에서 발생한 신호를 증폭하여 PDLC 양단에 최고 120Vp-p의 구동전압을 인가한다. 그림 4와 그림 5는 각각 PDLC 구동회로와 전극에서 나오는 신호를 나타낸 것이다.

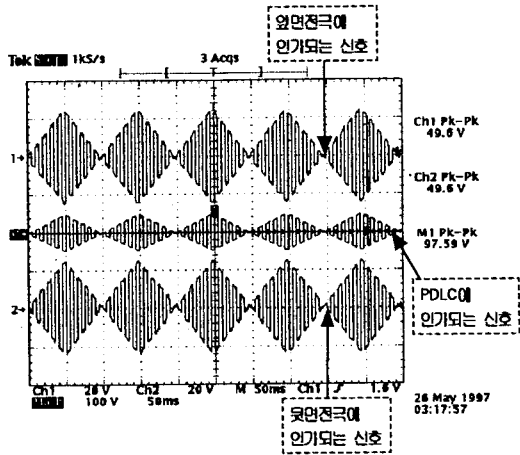


그림 5. PDLC에 인가되는 신호.

실험결과

1. 응답시간

응답시간은 구형파 전원의 변화에 의해 정상상태의 10%에서 90%에 도달하는 시간으로 액정에 전원을 인가하여 반응하는데 걸리는 rising time과 인가된 전원을 제거하여 원상태로 회복하는데 걸리는 falling time으로 나누어 측정하였다.

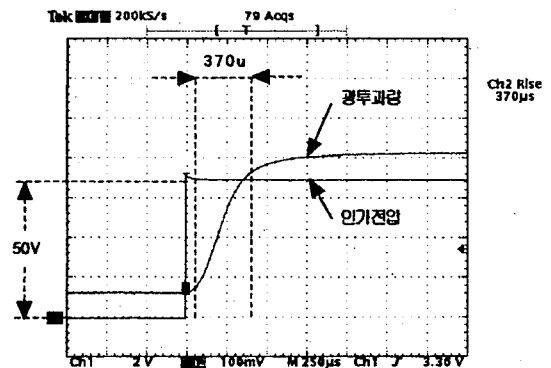


그림 6. 인가전압 상승시 응답시간

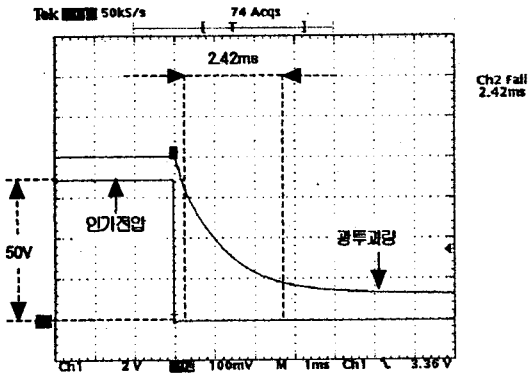


그림 7. 인가전압 하강시 응답시간

PDLC에 인가된 전원은 10Hz이고, 그림 6과 그림 7은 PDLC의 rising time과 falling time을 나타내고 있다. 측정된 PDLC의 응답속도는 rising time이 370 $\mu$ s 정도이고 falling time이 2.42ms 정도로 나타났으며, 이것은 표 1과 같이 기존의 LCD의 응답속도 수백ms보다 매우 빠른 것이다.

표 1. 기존 LCD와 PDLC의 응답속도 비교

표시방식	Rising time	Falling time
DS (Dynamic Scattering)	200-300ms	100ms
TN (Twisted Nematic)	10ms	400ms
PDLC (Polymer Dispersed Liquid Crystal)	370 $\mu$ s	2.42ms

※ DS, TN : 구동전압 10V, 막두께 10 $\mu$ m  
 ※ PDLC : 구동전압 50V, 막두께 11.7 $\mu$ m

2. 인가전압에 따른 광투과량

인가전압에 따른 광투과량은 콘트라스트비와 구동전압 등을 살펴보는 중요한 요소이다. 측정방법은 디지털 오실로스코프의 XY모드를 사용하였으며, 채널1(X축)에는 구동전압신호를 연결하고 채널2(Y축)에는 광다이오드에 병렬로 연결된 저항의 양단에 연결하여 측정하였다. 참고로 PDLC를 제거하여 광투과량을 100%로 만들었을 때 광다이오드에 나타난 전압은 450mV이고,

레이저를 차단했을 때 나타난 전압은 36mV로 나타났다. 그림 8은 PDLC에 1Hz의 주파수를 가진 구동전압을 0에서 50V 사이에서 증가와 감소를 반복했을 때 나타나는 광투과량이다.

표 2는 인가전압에 따른 최대최소 광투과량을 나타낸 것이다. 1kHz의 구동주파수에서 최대 광투과량이 90% 이상이고 최소 광투과량이 10%미만으로 편광판을 사용하는 기존의 액정표시소자가 최대 광투과 변화량이 50%정도인 것에 비하면 매우 높은 광투과 변화량을 가지는 것으로 나타나고 있다.

표 2. 구동주파수에 따른 최대최소 광투과량

최대 광투과량	최소 광투과량	최대 변화량
424mV (93.72%)	60mV (5.80%)	87.92%

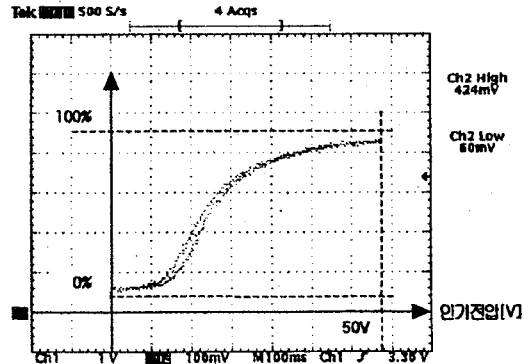


그림 8. 인가전압에 따른 광투과량 곡선.

결 론

일반적으로 525개의 주사선과 초당 30프레임으로 동작하는 NTSC방식의 TV 화상 표시를 위해서는 한 개의 수평 주사 시간이 약 60 $\mu$ s, 프레임 주기가 약 30ms 가 걸리므로 응답시간이 여기에 가까울수록 잔상이 적어진다. 본 연구에서 측정된 PDLC는 기존의 LCD에 비해 rising time이 370 $\mu$ s, falling time이 2.42ms인 빠른 응답과 87.92%의 높은 광투과 변화량을 가지고 있다. 비록 저전압, 저소비 전력으로 동작하기에는 구동전압이 50V정도로 높지만, 본 연구에서 측정된 전기광학적 특성만으로도 어둡고 잔상이 많은 기존의 LCD를 개선할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- [1] 액정 일렉트로닉스의 기초와 응용, 기전연구소
- [2] TFT-LCD UNIT 지침서, SHARP 주식회사
- [3] J. W. Doane, et al : Applied Phy. Letters, 48, p.269, 1986
- [4] 古田秀史他, "Polymer 분산형 액정을 이용한 직시형 TFT-LCD", 전자정보통신학회
- [5] D. Coates, "Normal and reverse mode polymer dispersed liquid crystal devices", Displays Volume 14 number 2 1993

※ 본 연구는 한국과학재단의 특정연구과제 (95-0300-20-01-3)의 신소재부문 지원사업의 일환으로 수행되었습니다.

---

 著 者 紹 介
 

---



김원재  
 1974년 6월 30일생.  
 1997년 경북대학교 전기공학과  
 졸업(학사)  
 1997년~현재 동 대학원 전기공학  
 과 석사과정  
 주관심분야 : 반도체압력센서, 마

이크로머시닝기술

## 박세광

『센서학회지 제1권 제1호』 논문92-04, p.41 참조  
 현재 경북대학교 전기공학과 부교수