

토너입자형 디스플레이의 응답특성에 관한 연구

A Study on Response Time Characteristics of Toner Particle Type Display

김인호^{1,a}, 김영조¹

(In-Ho Kim^{1,a} and Young-Cho Kim¹)

Abstract

We analyzed voltage characteristics of toner particle type display according to particle layers and cell gap between two electrodes and ascertained the aging effects by measuring the response time of particles with and without aging process. The threshold/driving/breakdown voltage is proportional to layers of toner particles and cell gap and the response time at driving voltage is faster than that of threshold and breakdown voltage because of different q/m of color and black particles. The analysis of response time is a method of estimation of optical characteristics, driving voltage and particle lumping and these results are promoted by aging process. We use the laser and photodiode to measure response time and optical properties. It has not been studied and reported to analyze the relationship of response time, threshold/driving/breakdown voltage, lumping phenomena, cell gap, and aging process for toner particle type display.

Key Words : e-paper, Cell gap, Particle, Driving voltage, Response time, Aging

1. 서론

최근 유비쿼터스 환경을 위하여 디스플레이는 무겁고 부피가 큰 기존 디스플레이를 대체할 수 있는 전자종이 기술에 관심이 증가하고 있다. 또한 소비자들은 보다 소형화, 경량화, 고성능, 저가격, 넓은 시야각, 저전력 등을 끊임없이 요구하고 있다. 전자종이는 기존의 발광체를 사용하는 평판 디스플레이와 다르게, 반사광을 사용하여 화소를 표시하는 반사형 디스플레이이다. 최근 보고되고 있는 전자종이는 전기영동방식, 마이크로볼, Bridgestone의 QR-LPD이 있고 Philips의 전기습윤방식 등이 있다[1,2]. 현재 가장 앞선 기술로는 전기영동방식이 있으나 이 방식은 유체로 채워진 캡슐의 내부에 전하를 가지는 pigment가 존재하며 전계에 따

른 pigment의 이동으로 인해 이미지를 구현하는데, 유체로 인해 응답속도가 낮고, 캡슐내부의 pigment와 유체와의 밀도차이로 밀도가 높은 입자가 시간에 따라 가라앉아 기록된 이미지가 손상될 수 있다. 따라서 일정한 횟수의 이미지 변환 시 refresh 과정이 필요하다[3,4]. 또한, passive matrix로의 사용이 제한을 받아 제조단가를 상승하게 하는 요인이 된다.

토너입자형 전자종이는 공기 중에서 반대 전하를 가진 토너입자의 전기적인 특성을 이용하여 화상을 표시하는 전자종이로 다른 구동방식의 전자종이보다 개선된 응답속도를 가지고 있어서 동영상 구동이 가능하며 높은 대조비와 시야각과 42% 이상의 반사율을 가지고 있다. 또한 passive matrix를 사용하여 구조의 단순함으로 인한 제조단가를 절감할 수 있고 플라스틱 기판 적용이 가능하고 전원 공급을 중단하여도 전원 공급 전의 이미지가 그대로 유지되어 메모리 효과가 존재하기 때문에 에너지 효율이 높다[5-9].

그러나 이러한 장점에도 불구하고 아직까지 셀

1. 청운대학교 전산·전자공학과

(충남 홍성군 홍성읍 남장리 산29)

a. Corresponding Author : kimdeath@naver.com

접수일자 : 2008. 12. 3

1차 심사 : 2008. 12. 15

심사완료 : 2008. 12. 24

내부에서 입자들의 운동에 대한 분석이나 전압 등 파라미터간의 상호영향 등에 관한 연구는 보고되어진 바 없다. 따라서 본 연구에서는 격벽을 형성한 후 패널을 제작하여 상판전극과 하판전극 사이에 거리(cell gap), 입자주입층, 응답시간, 구동전압 및 aging전압 등에 대한 상관관계를 평가하고 입자간의 영향을 분석하고자 한다.

2. 실험

토너입자형 디스플레이의 전압특성 및 aging 전후의 응답속도를 측정하기 위하여 소자의 제작은 glass기판에 ITO전극과 격벽을 $150\ \mu\text{m} \times 150\ \mu\text{m}$ 의 cell size로 형성하고 토너입자가 원활히 운동할 수 있도록 공간을 확보하여 packaging하였다. 패널의 광학특성을 분석하여 전압특성을 파악하고 응답속도를 측정하기 위하여 레이저 광을 이용한 광학장비를 사용하였다. 광학특성을 분석하기 위하여 토너입자 주입층과 상, 하판의 전극과 전극사이 거리(cell gap)의 공간을 각기 다르게 하여 패널을 제작하고 전면 구동하면서 반사율을 측정하여 광학특성을 얻었다. 이때 aging전압을 인가한 후의 응답속도와 인가하지 않았을 때의 응답속도를 측정하였다.

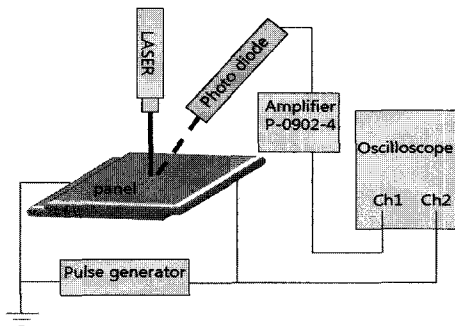


그림 1. 응답속도 측정.

Fig. 1. Response time measurement.

그림 1은 응답속도 측정 방법을 단면도로 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 응답속도를 측정하기 위해 laser diode의 광을 구동하는 패널에 입사하여 상판표면에서 반사되는 반사광의 양을 photodiode가 전류의 양으로 측정하며, 이는 구동 시스템에서 발생하는 펄스와 동기상에서 2개의

채널로 비교하였다. 반사광의 양은 입자의 상하판 운동에 따라 변화하며 그 변화된 값으로부터 응답시간을 측정하였다. 응답시간은 10 %-90 %의 변화범위를 기준으로 하였으며 photodiode의 미세전류는 증폭기(P-0902-4)를 이용하여 증폭하였으며 Oscilloscope로 측정하였다[10-12].

3. 결과 및 고찰

그림 2는 cell gap에 따른 전압특성 및 응답속도 측정에 사용된 magenta, yellow, cyan, black 토너입자를 각 패널에 1층으로 주입한 것을 현미경으로 관찰한 것이다. magenta, yellow, cyan의 컬러 토너입자는 음전하를 가진 토너입자이며, black의 토너입자는 양전하를 띄고 있다.

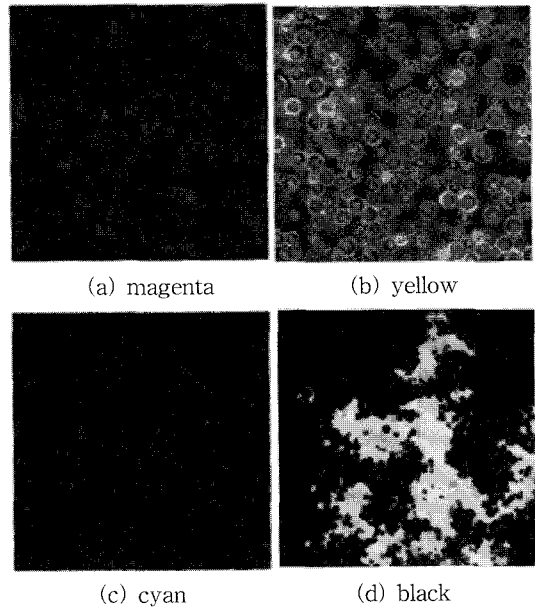
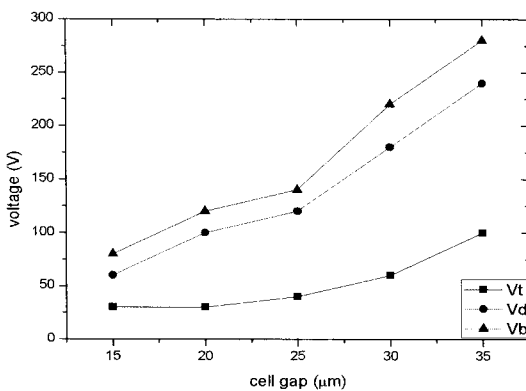


그림 2. 각 토너입자들의 현미경사진.

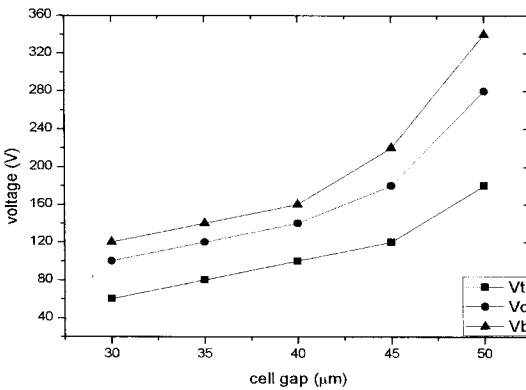
Fig. 2. Photomicrograph of toner particles.

Cell gap에 따른 전압특성을 분석하기 위하여 패널을 광학장비로 반사율을 측정하여 기준을 정한 다음 패널을 전면 구동하여 패널의 반사율이 변화하는 시점을 threshold voltage로 하고, 전압을 점차 증가하며 인가한 후 반사율을 측정한 반사율값의 최대치를 driving voltage로 하였다. 전압을 계속 증가시키면서 반사율을 측정하여 최대점보다

낮아지는 반사율값을 breakdown voltage로 정하였다. threshold voltage를 인가하여 패널을 관찰하면 전면에 토너입자가 일부 혹은 패널 한부분만 유도되어 구동하므로 반사율값의 변화가 미미하고, driving voltage를 인가한 후 패널 전면을 관찰하면 토너입자가 90 %이상이 이동하여 패널 전면에 이미지를 구현한다. breakdown voltage를 인가할 때 토너입자가 overcharge되어 토너입자의 특성을 잃게 되어 입자들 간의 뭉침 현상으로 인하여 반사율이 driving voltage에서의 반사율보다 떨어진다.



(a)



(b)

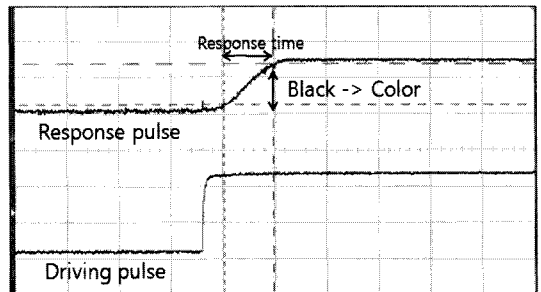
그림 3. Cell gap에 따른 전압특성.

(a) 1층의 전압특성 (b) 2층의 전압특성.

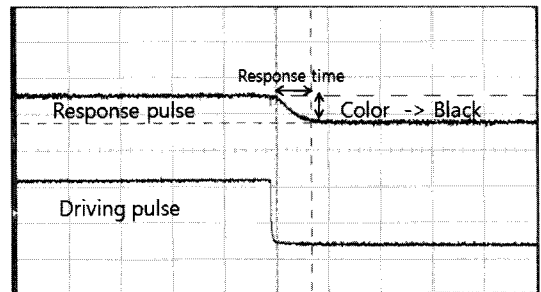
Fig. 3. Voltage characteristics according to cell gap (a) 1 layer (b) 2 layer.

그림 3은 토너입자층을 1층과 2층으로 하여 cell gap를 각기 다르게 하여 전압특성을 나타낸 그래프이다. cell gap이 증가할수록 그에 따른 threshold/

driving/breakdown voltage가 증가하는 것을 알 수 있다. 광학특성을 감안하여 본 연구에서는 토너입자 주입층을 2층으로 하고 상판과 하판의 전극간의 거리와 토너입자가 원활히 운동할 수 있도록 cell gap을 40 μm로 하여 magenta와 black, yellow와 black, cyan과 black의 패널을 각 2개씩 제작하여 aging전압을 인가한 샘플과 aging전압을 인가하지 않은 샘플의 응답특성을 비교 분석하였다. 응답속도를 측정하기 위해 패널의 구동 시 컬러토너입자와 black 토너입자의 교차운동으로 인하여 상판을 관찰하면 대조비의 차이를 확인할 수 있다. 그림 4는 이 대조비의 변화를 laser 광을 이용하여 상판표면의 반사율이 변화하는 값을 photo diode를 이용하여 측정한 것을 Oscilloscope로 나타낸 것이다. black 입자에 비해 color 입자의 반사율이 크기 때문에 포토다이오드의 출력전류가 증가하게 되며 이를 증폭하여 oscilloscope로 확인하였으며 이로부터 응답시간을 측정하였다.



(a) from black state to color state



(b) from color state to black state

그림 4. 응답속도 측정.

Fig. 4. Response time measurement.

그림 5는 magenta, yellow, cyan, black 토너입자의 aging 전압을 인가한 후와 인가하지 않은 구

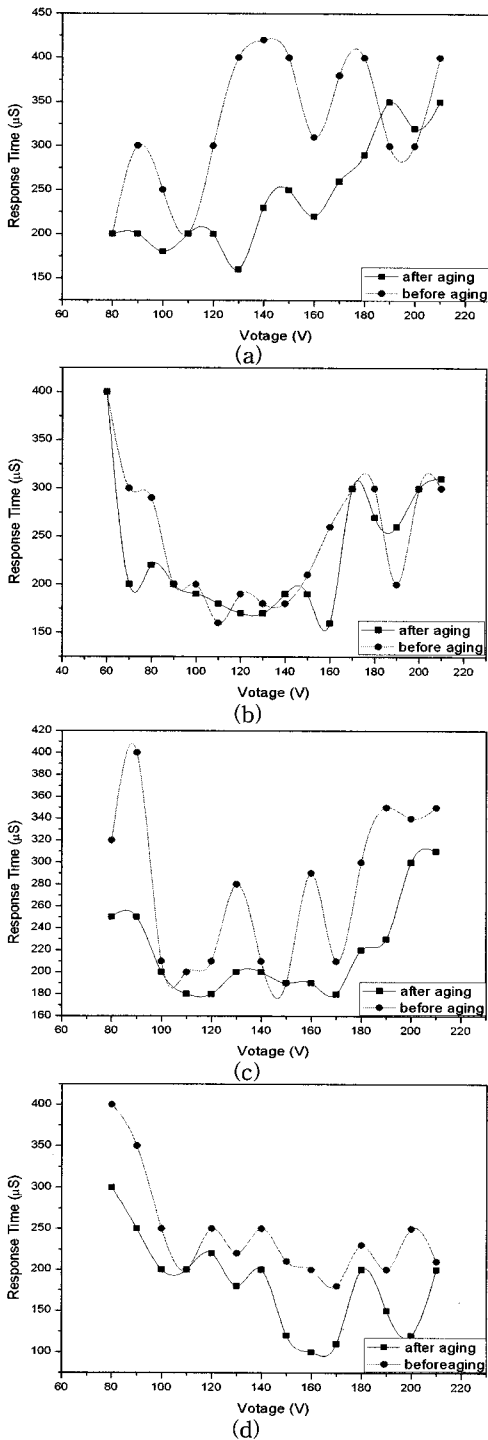


그림 5. Aging 전 후의 응답속도.
 (a) magenta (b) yellow (c) cyan (d) black
 Fig. 5. Response time of before and after aging.
 (a) magenta (b) yellow (c) cyan (d) black

동전압의 응답속도를 전압에 따라 나타낸 그래프이다. 그림에서 보는 바와 같이 aging 전압을 인가하지 않고 구동한 패널의 응답속도는 전체적으로 일정하지 않은 것을 알 수 있고 그림 3의 (b)의 그래프에서 보인 것과 같이 threshold voltage 구간에서는 토너입자 전체에 charge되지 않고 일부만 charge되어 응답속도가 늦은 것을 확인할 수 있다. 또한 driving voltage의 전압구간에서는 다른 전압보다 응답속도가 빠른 것을 확인할 수 있었고 driving voltage보다 높은 breakdown voltage의 전압구간에서는 다시 응답속도가 늦어지는 것을 확인할 수 있다.

이는 입자의 지름이 그림 2에서 보는 바와 같이 균일하지 않아 인가전압에 의해 q/m 값이 큰 입자가 먼저 charging되면서 반대극성을 가진 q/m 값이 작은 입자를 끌어당기게 된다. 이로 인하여 전하량이 작은 토너입자가 전하량이 큰 반대극성의 토너입자에 붙게 된다. 따라서 이 붙어있는 상태인 입자들은 전하량이 서로 상쇄되어 원래 입자 하나가 가진 q/m 값보다 훨씬 작은 입자로 된다. 즉, 뭉침 현상으로 인하여 하나의 커다란 토너입자 덩어리가 된다. q/m 값이 작아진 토너입자 덩어리들은 보다 높은 전압을 인가하면 일부 입자들이 분리되어 응답속도를 빠르게 한다. 이러한 특성 때문에 항복전압을 인가하여도 토너입자들의 소수는 움직이게 되어 항복전압 이상의 전압을 인가하여도 응답속도가 측정된다. 따라서 이를 최소화하기 위하여 aging 전압을 인가한 후 구동전압을 인가하는데 이는 서로 반대되는 극성을 가진 토너입자들이 뭉쳐있을 때 aging 전압으로 인하여 토너입자가 분리되어 응답속도가 빨라지고 동일 구동전압에서의 응답속도의 신뢰성을 높일 수 있다.

4. 결론

토너입자형 디스플레이의 입자충과 cell gap에 따른 전압특성을 분석하였으며, 컬러토너입자에 aging 전압을 인가한 경우와 인가하지 않은 경우의 응답속도를 측정하여 aging의 효과를 확인하였다. 토너입자충과 cell gap이 증가할수록 구동전압이 높아지는 것을 확인하였고 컬러 입자의 q/m과 black 토너입자의 q/m 값이 다르므로 컬러토너입자의 응답속도와 black 토너입자의 응답속도가 다르게 나오는 것을 확인할 수 있다. 응답속도는 광학특성, 구동전압 및 입자의 뭉침 현상을 평가하는 방법으로 이해되며 aging은 이러한 현상을 개선하는 효과가 있음을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 2007년 소재원천기술개발사업(과제번호 M20070100131)지원으로 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] T. Kitamura, "Electronic Paper Based on Particle Movement Electrophoretic and Toner Display", IDW 06, p. 587, 2006.
- [2] B. J. Feenstra, R. A. Hayes, R. Van Dijk, R. G. H. Boom, M. M. H. Wagemans, I. G. J. Camps, A. Gi-raldo, and B. V. D. Heijden "Electrowetting-based displays: Bringing microfluidics alive on-screen", MEMS 2006, Istanbul, Turkey, 22-26, p. 48 2006.
- [3] R. Hattori, S. Yamada, Y. Masuda, N. Nihei, and R. Sakurai, "Ultra Thin and Flexible Paper-like Display using QR-LPD Tehnology", DIGEST 04, p. 136, 2004.
- [4] Y. Masuda, Y. Sakurai, N. Nihei, and R. Hattori, "Novel Type of Multi-stable Reflective Display using Electric Power", Proc. of IDW Symposium, p. 821, 2005.
- [5] R. Sakurai, S. Ohno, Y. Masuda, and R. Hattori, "Color and Flexible Electronic Paper Display using QR-LPD Technology", SID DIGEST 06, p. 1922, 2006.
- [6] Y. Masuda, N. Nihei, R. Sakurai, and R. Hattori, "A reflective-display QR-LPD", Journal of the SID 14/5, p. 443, 2006.
- [7] Y. Masuda, R. Sakurai, N. Nihei, and R. Hattori, "Novel Type of Multi-stable Reflective Display using Electric Powder", IDW/AD 05, p. 821, 2005.
- [8] S. H. Kwon, S. G. Lee, W. K. Cho, B. G. Ryu, and M. B. Song, "Reflective Paper-like Display using Opposite-charged Two Particles", IMID DIGEST 05, p. 423, 2005.
- [9] R. Sakurai, M. Asakawa, T. Nakashima, I. Tanuma, A. Yokoo, and Y. Masuda, "Ultra-thin and Flexible LSI Driver Mounted Electronic Paper Display using Quick-response Liquid-powder Technology", SID DIGEST 07, p. 1462, 2007.
- [10] 권기영, 김성운, 황인성, 김철주, 김영조, "대전 입자형 디스플레이의 패턴 설계 및 구동", 한국전기전자재료학회 2007하계학술대회논문집, p. 53, 2007.
- [11] 김백현, 김성운, 황인성, 김철주, 김영조, "대전 입자형 디스플레이의 전기 및 광학특성 분석", 한국전기전자재료학회 2007하계학술대회 논문집, p. 66, 2007.
- [12] 이동진, 김성운, 황인성, 김철주, 김영조, "대전 입자형 디스플레이의 제조 및 구동", 한국전기전자재료학회 2007하계학술대회논문집, p. 72, 2007.