액상분말 전자종이 특성 평가(Ⅲ)

김백현*, 김영조*
*청운대학교 전자공학과
e-mail : baekhyun.kim@gmail.com

Evaluation of characteristics for liquid power e-paper

Baek-Hyun Kim*, Young-Cho Kim*
*Dept of Electronics Engineering,
ChungWoon University

요 약

본 논문에서는 액상분말 전자종이 특성 평가 하였다. 액상분말은 두 가지 타입의 마이너스 극성과 플러스 극성이 있으며 이때 전압을 인가하기 전에는 중성 상태이며, 전압을 인가하면 충전을 하며 충전이 되면 서로 반대의 극성 쪽으로 이동한다. 액상분말 전자종이의 구조는 상하 유리 기판에 ITO/격벽을 형성이 되었고 그 사이에 액상분말이 들어가 있는 구조이다. 유기기판에 ITO/격벽을 형성을 한 후 putting을 하고 합착을 한다. 상 하판 분리방식으로 노란색 액상분말 및 검은색 액상분말을 충전한 후 전압을 인가하여 소자의 구동을 하였으며 제작된 소자의 전기 및 광학특성 평가 하였다.

1. 서론

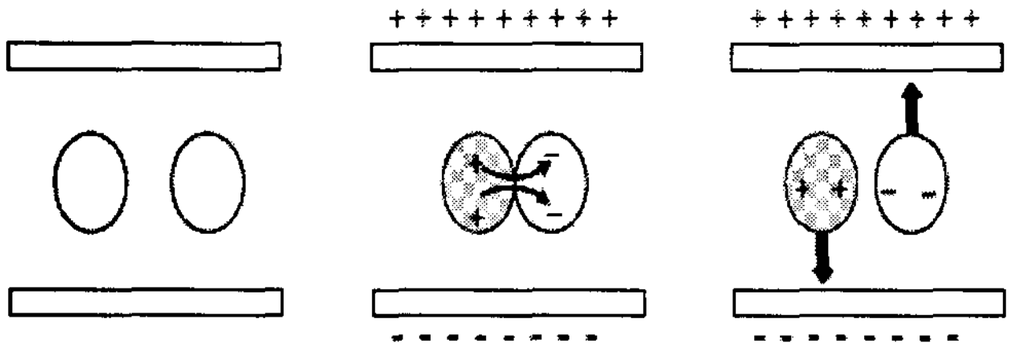
종이 인쇄물과 기존의 디스플레이를 대신할 수 있는 새로운 표시 소자인 전자종이는 머지않아 종이처럼 쉽게 휴대할 수 있는 시대가 다가오고 있다. 최근 디스플레이는 소형화, 경량화, 저전력화에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며 전자종이 기술에 대한 관심이 증가되고 있다. 전자종이란 표시매체 중 가장 우수한 시야특성을 가지고 있으며 종이책, 종이신문, 종이잡지 등과 같이 종이의 느낌을 느낄 수 있도록 종이처럼 만든 디지털 종이이다.

기존의 종이, 잉크처럼 높은 해상도, 넓은 시야각, 밝은 흰색을 가지고 있으면 전원을 차단하여도 화상이 유지되는 메모리 효과가 있으며 LCD처럼 백라이트가 필요 없으므로 배터리 수명이 오래 유지되므로 원가 절감 및 경량화의 큰 장점을 가지고 있다.

전자종이는 종래의 전자 디스플레이와 달리 간편히 볼 수 있고 휴대하기 편하며 보존성이 뛰어난 종이의 장점을 겸비한 디지털 종이이다, 전자종이는 서지 대체용 디지털 종이이며 옥내·외 실시간 광고판의 디스플레이 개인용 휴대 장치로 이용 가능하며 종이처럼 얇은 재질로서 읽고 쓰기가 가능하며 자료를 다운 받거나 입력, 삭제, 저장이 가능하며 쓰고 지우기를 반복 할 수 있다. 최근 연구되고 있는 전자종이의 형태로는 대표적인 전자종이 개발을 보면 구동원리에 따라 전기영동식, 입자회전식, 건식이동식, 자기영동식, 열감응식 등이 있다. 전기영동법은 마이크로 캡슐을 이용한 e-ink사의 전기영동 디스플레이 roll-to-roll 공정과 마이크로컵을 이용한 SiPix 사의 마이크로컵 전자종이 전기습윤을 이용한 Liquavista 사의 electrowetting, liquid power사용한 Bridgestone사의 QR-LPD이다. 이 중 가장 활발한 연구와 상품으로는 전기영동 디스플레이로 볼 수 있다. 그러나 응답속도가 느리고 높은 구동전압 해상도가 낮다는 단점이 있다. 본 논문에서는 기존의 전기영동식 및 입자회전식을 이용한 전자종이보다 응답속도가 뛰어나고 높은 반사율, 낮은 구동전압인 액상분말 전자종이 특성 전기 및 광학특성에 대하여 측정 분석하였다.

2. 액상분말의 특성

액상분말은 두 가지 타입으로 마이너스 극성과, 플러스 극성을 가지고 있는 분말이 있다 . 본 논문에서는 마이너스 극성을 가지고 있는 노란색과 플러스 극성을 가지고 있는 검은색을 사용했다.



(a)중성 상태 (b)충전 중 (c) 충전 상태

그림 2-1 액상분말의 충전 상태

그림2-1(a)는 노란색 액상분말과 검은색 액상분말을 보인 것이며, 최초 이 분말은 중성 상태이며 아무런 현상이 일어나지 않는다. (b)그림2-1(b)에서 보인 바와 같이 전압을 인가하면 분말들은 서로 다른 극성을 가지게 되며 대전을 하게 된다. (c)같은 그림의(c)에서 보인 바와 같이 충전이 일어나면 서로 다른 극성 쪽으로 이동 하게 된다. 이때 노란색과 검은색으로 구분할 수 있다 .

3. 액상분말 디스플레이 소자의 구조

액상분말 소자의 구조는 매우 간단한 구조를 가지고 있다.

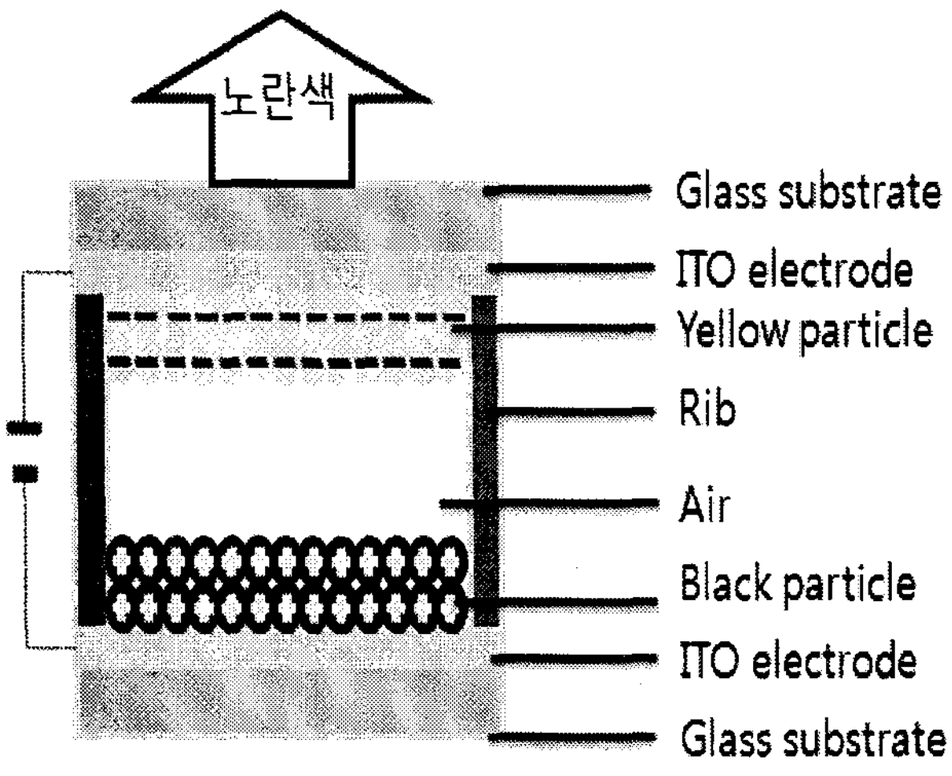


그림 3 액상분말 소자의 구조

그림3 샌드위치 타입의 액상분말 소자의 구조이며 두 개의 ITO와 격벽이 형성된 유리 기판에 액상분말을 putting 하여 합착을 하면 된다. 이 때 상판에 플러스 전압을 인가하고 하판에 마이너스 전압을 인가하면 마이너스 극성을 가진 노란색 액상분말입자는 상판으로 이동을 하며 플러스 극성을 가진 검은색 액상분말 입자는 하판으로 이동을 한다.

3.2 액상분말 디스플레이 소자의 제작

유리기판에 포토리소그라피(Photolithography)공정을 이용하여 ITO와 격벽을 형성한다.

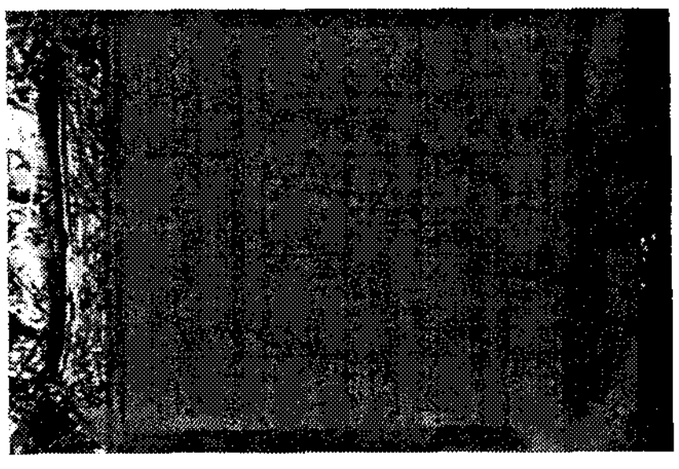


그림 3.2 (a)

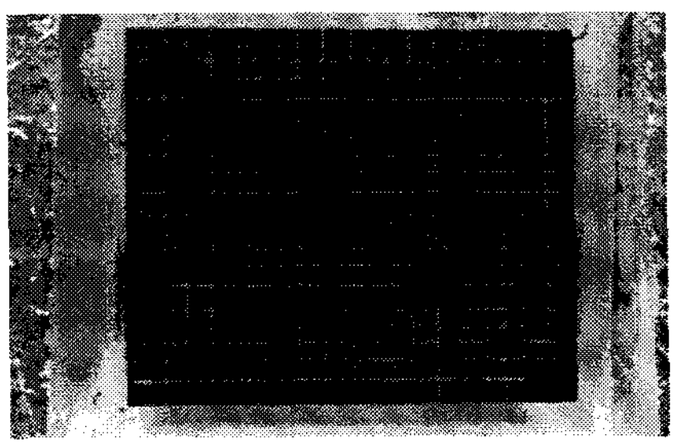


그림 3.2 (b)

그림3.2(a)는 ITO와 격벽을 형성한 유리 기판에 노란색 액상분말을 뿌린 후 putting 한 것을 보인 것이다. 그림3.2(b) 검은색 액상분말을 putting한 것을 보인 것이다. putting을 마친 기판은 합착을 하게 된다. 이 때 노란색의 기판에는 플러스 전압을 검은색 기판에는 마이너스 전압을 인가한다. 그러면 다른 극성을 가진 액상분말들은 이동을 하며 전압을 중단하여도 화상이 유지 된다. 이를 메모리 효과라고 한다. 메모리 효과란 전압을 인가한 후 어떤 화상을 표현 후 전압을 중단시켜도 그 화상은 유지 되는 것을 말하며. 이것은 나중 상품화시에 경량화를 할 수 있는 큰 장점을 가지고 있다.

4. 구동 및 분석

전자종이는 우수한 시야특성 및 종이 같은 느낌을 받는 디지털 종이이다. 잉크처럼 높은 해상도 넓은 시야각 높은 반사율을 장점으로 볼 수 있다. 높은 반사율이란 다른 표시매체보다 눈으로 볼 때 그만큼 편하게 볼 수 있다는 것이다.

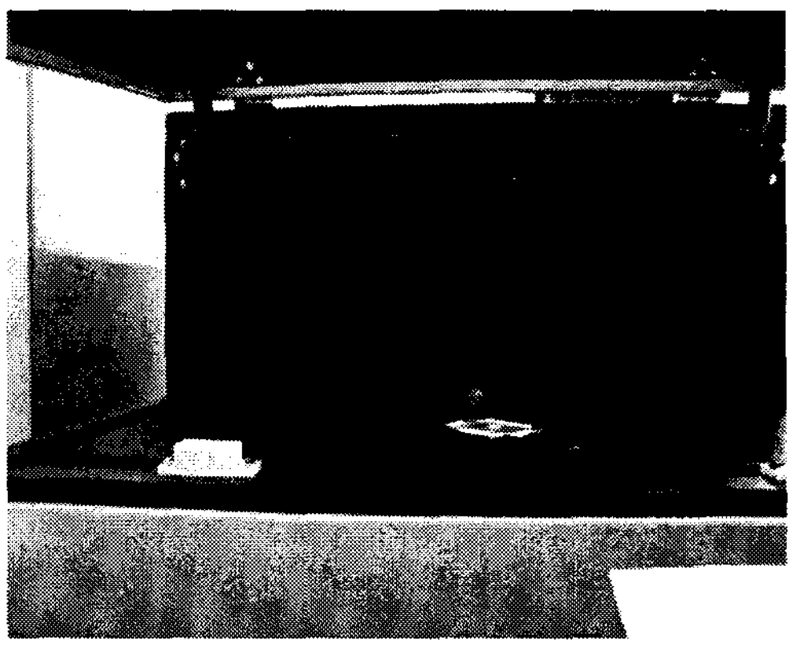


그림 4(a) 액상분말 전자종이 반사율 측정

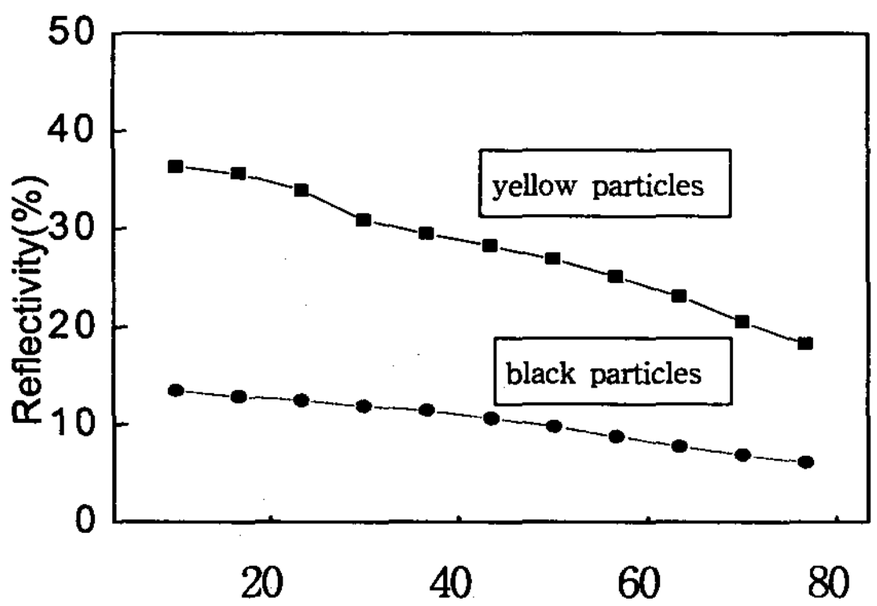


그림 4(b)액상분말 전자종이의 viewing angle

그림4(a)는 반사율 측정을 위한 장비를 보인 것이며, 그림4(b)는 액상분말 소자를 제작하여 각도 변화에 따른 반사율을 측정한 것이며 노란색 액상분말은 반사율이 35~40%이며, 검은색 액상분말의 반사율은 20~15%이다.

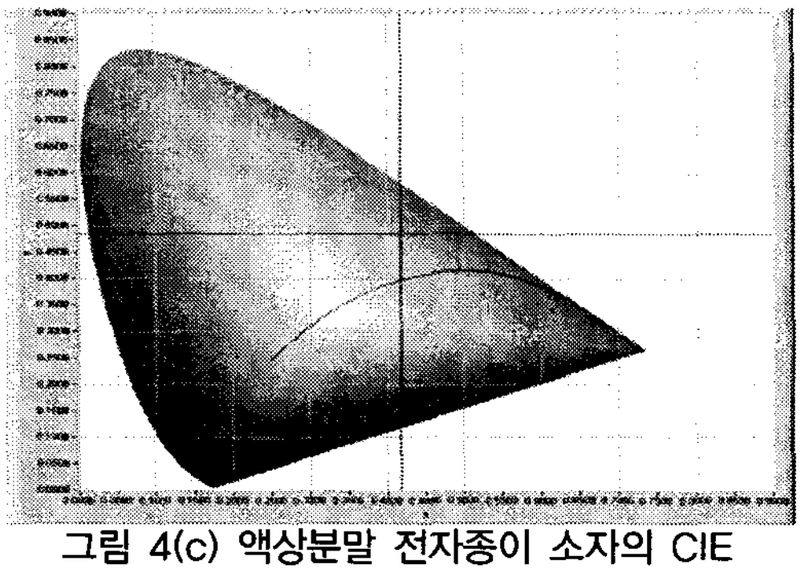


그림 4(c) 액상분말 전자종이 소자의 CIE

그림4(C)는 구동을 한 후 노란색 액상분말 소자의 노란색 액상분말을 측정한 것이다. 이 때 검은색 액상분말의 색은 측정할 수 없다.

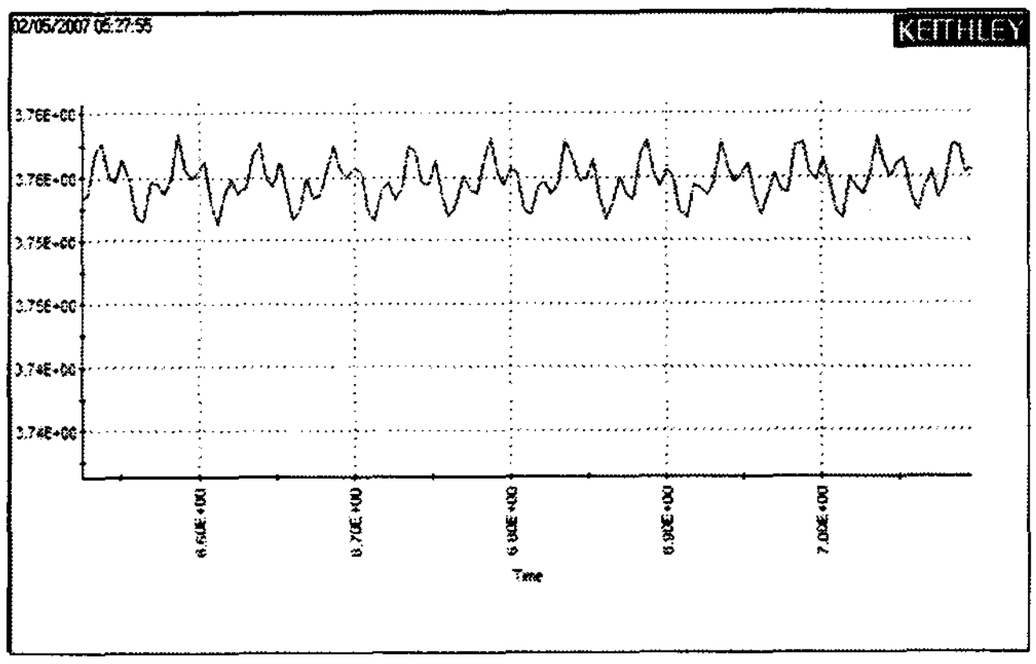


그림 4(c) 액상분말 전자종이의 응답속도

광원과 적분구를 이용하여 패널에 광을 입사시켜 패널을 통해 반사되는 반사광을 전기적 신호로 바꿔 시간에 따른 반사광의 변화를 측정하였으며 이를 통해 응답시간을 측정하였다. 광원으로는 할로겐광원을 사용하였고 전기적신호로 컨버팅하기 위하여 포토다이오드를 사용하였으나 출력신호가 너무 작아 증폭을 통해 데이터를 얻을 수 있었다. 액상분말 디스플레이 소자의 고유한 응답시간은 0.2msec이하 임에도 불구하고 주위의 환경적인 잡음신호로부터 차폐가 이루어지지 않아 만족할만한 데이터가 추출이 되지 않았다. 그림4(c)는 차폐가 완전히 이루어지지 않는 상태의 포토다이오드 출력특성이며 응답시간 추출을 위한 방법을 향후 과제이다.

5. 결론

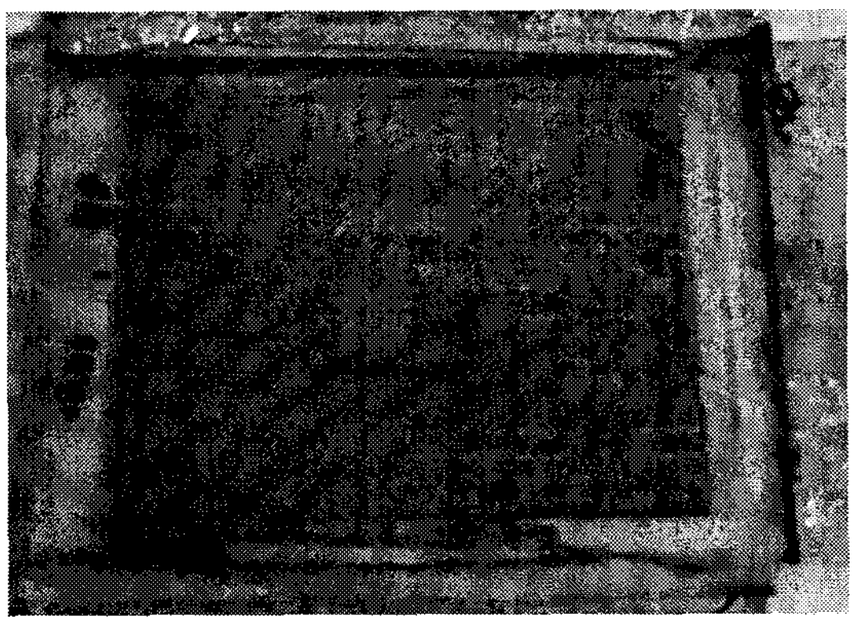


그림 5. 액상분말 전자종이

액상분말 전자종이를 제작하여 전기 및 광학특성을 측정 및 분석 하였다. 액상분말 소자의 구동 전 노란색의 반사율과 구동 후 노란색의 반사율이 다른 점으로 봐서 충분히 계조표현이 가능하다고 생각하며 컬러액상분말을 이용하여 컬러화가 충분히 가능하다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2006년 지역산업기술개발사업(과제번호 10027153-2006-01)지원으로 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참고문헌

[1] R Hattori, S Yamada, Y Masuda and N Nihei, ""A Novel Bistable Reflective Display using Quick Response Liquid Powder "" *Journal of Society for Information Display,* Vol.12, No.1, pp. 75-88, 2004

[2] R Sakurai, S Ohno, S Kita, Y Masuda and R Hattori, ""Color and Flexible Electronic Paper Display using QR-LPD Technology"" *SID Symposium Digest*, pp. 1922-1925, 2006

[3] R Hattori, S Wakuda, M Asakawa, Y Masuda, N Nihei, A Yokoo and S Yamada, ""Three Voltage Level Driver Driven Quick-Response Liquid Powder Display"" *SID Symposium Digest*, pp. 1410-1413, 2006

[4] R Hattori, S Yamada, Y Masuda and N Nihei and R Sakurai, ""Ultra Thin and Flexible Paper-like Display using QR-LPD Technology"" *SID Symposium Digest*,pp. 136-139, 2006

[5] Y. Masuda, Y. Sakurai, N. Nihei and R.Hattori, ""Novel Type of Multi-Stable Reflective Display Using Electric Powder"" Proc. of IDW Symposium, pp. 821-824, 2005

[6] Y. Masuda, R. Sakurai, N. Nihei and R. Hattori, ""Novel Reflective Display QR-LPD®"" Euro Display Symposium Digest, pp. 176-179, 2005 *SID*

[7] B. Comiskey, J. D. Albert, H. Yoshizawa, J. Jacoson, ""An electrophoretic ink for all-printed reflective electronic display,"" Nature, 394, 253~255(1998).

[8] T. Kitamura, H. Nakayama, N. Mizuno, S. Nakamura, K. Hoshino, ""Movement of triboelectrically charged particles in toner display,"" IS&T''s NIP 19, pp.902(2003)