

액상분말 전자종이 특성평가(Ⅱ)

이동진* , 김영조*

*청운대학교 전자공학과

e-mail:dongjin.lee7@gmail.com

Evaluation of Characteristics for liquid powder e-paper

Dong-Jin Lee*, Young-Cho Kim*

*Dept of Electronics Engineering,
ChungWoon University

요 약

본 연구에서는 응답속도가 빠르고 대조비가 우수한 Black 액상분말과 Yellow 액상분말을 사용하였으며, 공정 효율을 높이고 액상분말의 안정성을 높이기 위해 cell과 전극이 형성된 상판과 하판에 두 액상분말을 각각 충전 하였다. 충전된 상판과 하판을 합착한 후 전압을 인가하여 액상분말의 충전 및 전압인가에 따른 이동성과 구동특성 그리고 메모리효과를 확인하였다.

1. 서론

최근 기술이 발달하면서 기존의 디스플레이의 단점을 보완한 다양한 기능의 디스플레이가 많이 개발되었다. 그럼에도 불구하고 소비자들은 이에 만족하지 않고 현재 개발된 디스플레이보다 소형화, 경량화, 고성능, 저 가격, 넓은 시야각, 저 전력 소모 등을 끊임없이 요구해왔다. 현재 평판디스플레이와 함께 결과를 주목받고 있으며 막대한 시장 파괴력을 가진 전자종이는 현재의 소비자 요구에 가장 근접한 소자이다. 그러나 현재 전자종이가 상용화가 되려면 시간이 조금 더 필요하다. 종이처럼 잘 휘어지고 낮은 생산비용, 휴대성, 넓은 시야각, 적은 전력소모, 전원공급을 중단해도 메모리가 가능한 다양한 기능과 장점을 가졌고 디스플레이분야뿐만 아니라 여러 산업 분야에서 다양하게 활용할 수가 있어서 많은 잠재적 시장을 가지고 있다. 그래서 이 매력적인 전자종이(e-paper) 디스플레이를 연구하고 상용화 하려는 연구기관과 기업 등이 해마다 늘어나고 있으며 그로 인한 다양한 방식의 전자종이 구현방법이 제시되고 보고되었다. 그중 최근에 가장 활발히 연구하고 보고되고 있는 전자종이로는 E-Ink사의

Microcapsule, Gyricon의 마이크로볼, Bridgestone사의 QR-LPD, 필립스사의 Electrowetting등이 있다.[1, 2]. 이 전자종이들은 다양한 재료와 특성을 지녔으며, 전자종이 구현을 위한 새로운 구동 방식을 제시하였다. 본 연구에서는 응답속도가 뛰어나고 대조비가 우수한 액상분말을 사용 하였다. 이 액상분말은 액체와 비슷한 이동성을 가진 입자이며, 다양한 컬러를 가졌으며 액상분말의 속성에 따라 서로 다른 극성에 반응한다. 이러한 특징을 지닌 액상분말은 인가한 전압극성에 따라 입자가 이동한다. 우리는 이러한 액상분말의 특성을 기초로 하여 전자종이 패널을 제작하였으며, 제작 공정에 의해 액상분말 특성과 이동성을 제어할 수 있었다. 그리고 제작된 패널을 직접 구동함으로써 우리는 액상분말의 다양한 특성과 메모리 효과를 확인 할 수가 있었다.

1.1 액상분말 특성

전기장 안에서 하전된 입자가 양극 또는 음극 방향으로 이동하는 현상을 전기영동 현상이라 한다. 본 연구에서 사용한 액상분말도 이러한 특성을 가지고 있으며, 상/하판의 양 전극에 다른 극성의 적정

전압을 인가하면 액상분말이 지닌 특성과 종류에 따라 양극 또는 음극 쪽으로 이동하여 전극에 흡착되는 현상을 나타내었다. 또한 전압을 인가하여 한번 흡착된 액상분말은 전원공급을 중단하여도 전극에 흡착되어 메모리효과를 나타내었다. 이는 전기적으로 중성인 분자사이에서 극히 근거리에서만 작용하는 약한 인력을 말하는 Van der Waals' force에 의하여 설명할 수 있다. 액상분말의 외형은 구에 가까운 형태이며, 그 크기는 보통 $8\mu\text{m}$ 이하이다. 이 액상분말의 크기와 모양 그리고 질량에 따라 구동되는 전압이 조금씩 다르다.[그림 1.1]. 이번 실험에서 사용한 액상분말의 컬러로는 Yellow와 Black이며 서로 다른 극성에 반응하는 성질을 지녔다. 이밖에 액상분말의 color로는 Magenta(자주색), Cyan(청록색), White(흰색)가 있다. 전자종이에서 컬러를 표현하려면 컬러필터를 사용하는 방법과 액상분말이 지닌 고유 color를 이용한 방법이 있다. 빛의 3요소는 Red, Blue, Green 이지만 색료의 3원색은 Magenta, Cyan, Yellow 이며, 우리가 구동하는 전자종이는 자체 발광하는 빛(light)을 사용하지 않고 반사형태이므로 색료의 3원색을 활용하여 전자종이의 컬러를 표현할 수가 있다.

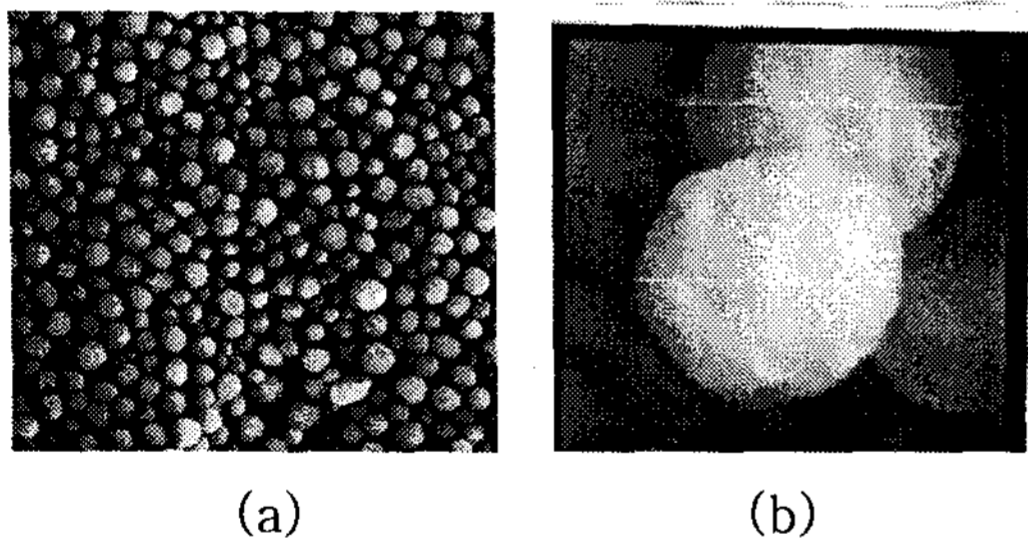


그림 1.1 cell에 충전된 액상분말의 SEM 사진
(a):1layer(2600배), (b):액상분말 size 및 형태(10000배)

1.2 액상분말 전자종이의 구동원리

액상분말 전자종이를 구동하기 위해 먼저전극이 형성된 상/하판에 서로 다른 극성에 반응하는 Black 액상분말과 Yellow 액상분말을 각각 충전하였다. 충전된 상/하판을 결합하여 양 ITO 투명전극에 전압을 인가하면, 두 액상분말은 ITO투명전극에 가하는 전압에 따라 이동하여 흡착되었다. 그리고 패널의 상판을 통하여 액상분말이 이동하여 형성된 이미지를 볼 수 있었으며, 상/하판의 ITO투명전극에 가하는 전압 극성에 따라 패널의 상판에 형성되는 이미지를 조정할 수 있었다. 이 과정에서 전원공급을 중단하여도

패널의 상판에서는 Van der Waals' force 에 의해 마지막 전압 인가시 나타낸 이미지를 계속 유지하였다. 즉, 이 결과를 통해 메모리 효과를 확인하였다. [그림 1.2].

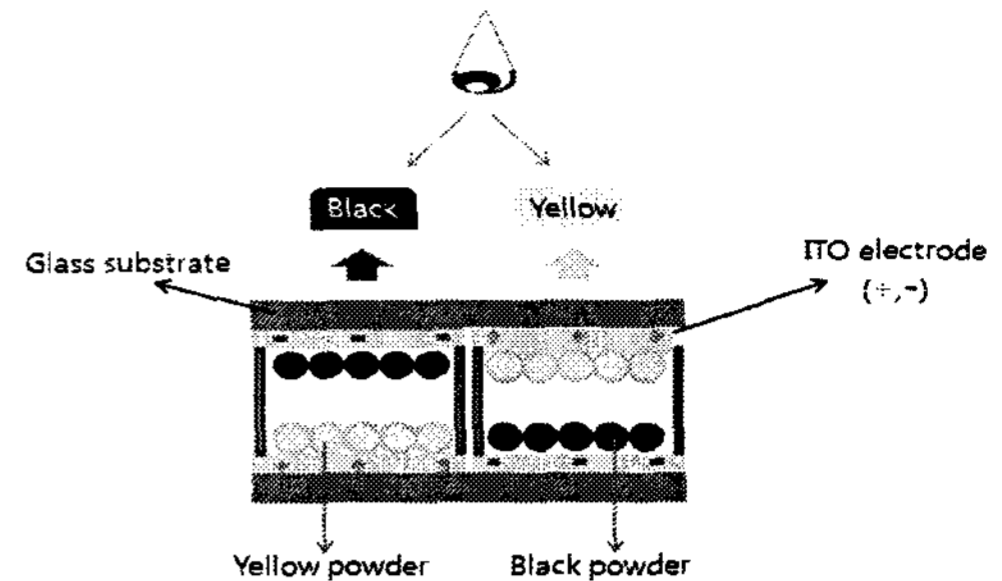


그림 1.2 액상분말 구동 특성을 보이는 단면도

2. 액상 분말 충전 과정

액상분말 전자종이를 구동시키기 위해서는 전극과 cell이 형성된 두 개의 상/하판이 필요하다. 본 연구에서는 패널에 원하는 cell과 전극을 형성하기 위해 mask를 설계하여 상/하판을 제작했다. 그리고 제작된 상/하판에 Yellow 액상분말과 Black 액상분말을 각각 도포하였으며, 두 액상분말에의 특성에 따라 충전하였다. 그리고 충전과정을 완료 후 액상분말이 충전된 상/하판을 결합하여 구동하였다.

2.1 Mask 설계 및 Panel 제작

우리는 Mask를 설계하여 상/하판에 전극과 cell을 형성했다. 이때 사용한 기판은 패널에 충전된 액상분말 이미지가 보여 지도록 투명 glass를 사용했으며, glass위에 형성한 전극도 우리가 이미지를 볼 수 있도록 투명한 ITO를 전극으로 사용했다. 지금까지의 과정은 액상분말 공정 단계의 가장 기본단계이며, mask설계와 패널의 구조에 따라 액상분말의 동작특성도 달라졌다.

2.2 액상분말 전자종이의 제조

액상분말 전자종이를 제조 하기위하여 우리는 투명ITO전극과 cell이 형성된 상/하판에 Black 액상분말과 Yellow 액상분말의 특성을 고려하여 각각 충전하였다. 액상분말을 충전 시 액상분말을 혼합하여 충전하는 방법도 있지만, 이 방법은 특성이 다른 두 액상분말이 서로 물리적 영향을 받을 수 있고 두 액상분말의 특성이 다르기 때문에 공정의 효율성과 액상분말의 안정성을 높이기 위해 두 액상분말을 상판과 하판에 각각 충전하였다.[그림 2.1] 한번 패널의

상/하판에 충전된 액상분말은 메모리효과 때문에 cell안에서 다시 전압을 인가하지 않는 한 액상분말은 쉽게 떨어지지 않았다. [그림 2.2]

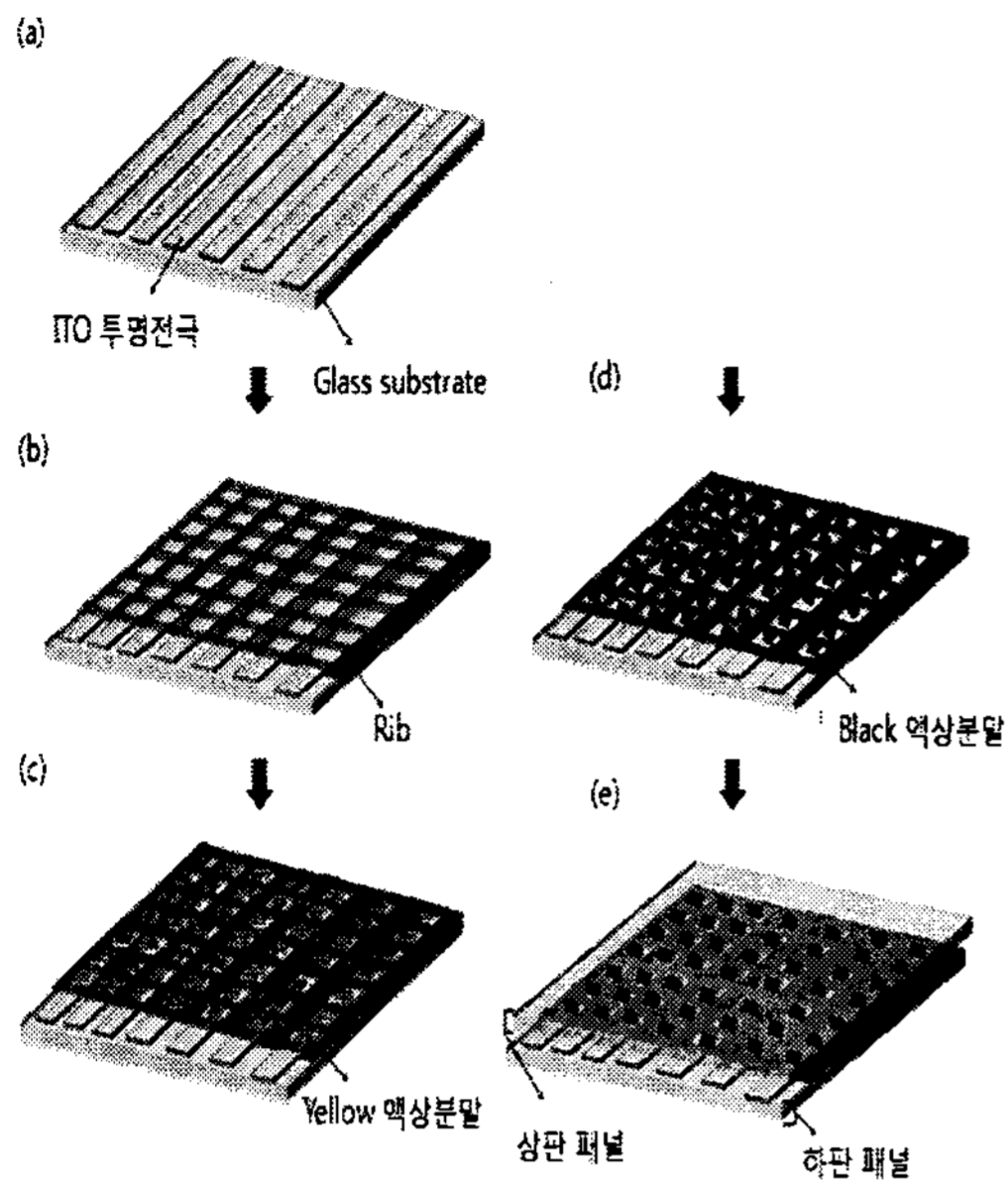


그림 2.1 액상분말 전자종이 제조공정
(a) ITO 전극 형성, (b) cell형성,
(c) Yellow액상분말충전(하판),
(d) Black액상분말충전(상판),
(e) 액상분말이 충전된 상/하판결합(패널)

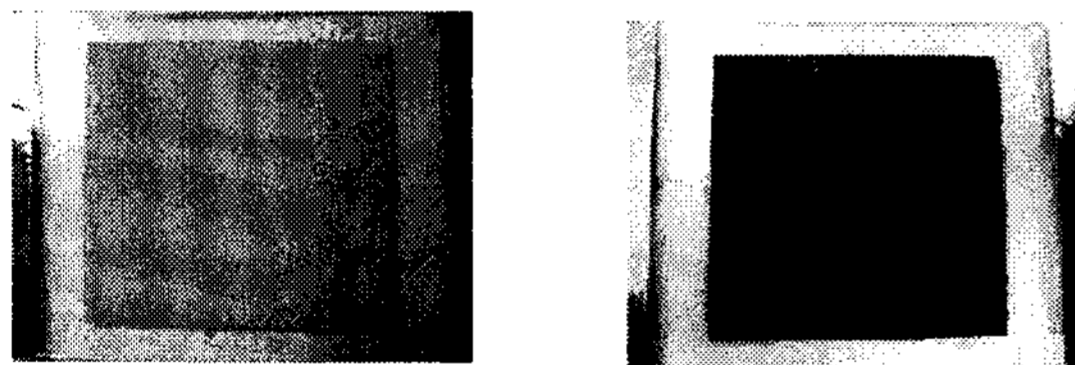


그림 2.2 상/하판에 충전된 액상분말

3. 구동 및 결과

패널의 구동과 액상분말의 특성을 확인하기 위하여 충전된 상/하판을 합착하여 패널을 만들었다. 상판과 하판을 합착할 때, 상/하판에 형성된 cell이 서로 어긋나지 않도록 접합해야한다. 상/하판의 cell이 서로 어긋나게 접합되면 cell안의 액상분말은 전혀 다른 동작과 특성을 나타낸다. 본 연구에서는 상/하판을 합착 후 패널을 구동하기위하여 형성되어 있는 ITO투명전극에 극성이 다른 전압을 각각 인가했다. 이때, 액상분말의 특성과 메모리 효과를 확인하기 위한 전면구동 과 선택적 구동을 하였다. 먼저, 전면구동을 하기위하여 패널에 형성된 모든 전극에 전압의 극성을 변환하며 인가시켰다. 그 결과 인가된

전압의 극성과 전압 양에 따라 패널전면에 Yellow와 Black 이미지를 나타냈다. 이 과정에서 인가 된 전원공급을 중단하여도 [그림 3.1]과 같이 최종적으로 전원공급을 했을 때 표현된 이미지가 그대로 유지되어 있었다. 이 실험 결과로 액상분말의 적정 전압과 메모리효과를 확인할 수가 있었다. 끝으로 본 연구에서는 패널을 선택적으로 구동시켰다. 그 결과 [그림 3.2]와 같이 pa패널에 모자이크 이미지를 나타내었으며, 선택된 cell안의 액상분말만 이동하여 패널에 흡착되었다. 이 연구결과로 우리는 전압이 인가되는 극성에 따라 Yellow와 Black 액상분말의 이동 특성과 전원공급이 중단되어도 최종이미지가 유지되는 액상분말의 메모리 효과를 확인할 수 있었으며, 액상분말형 전자종이의 특성과 상용화 가능성을 확인할 수가 있었다.

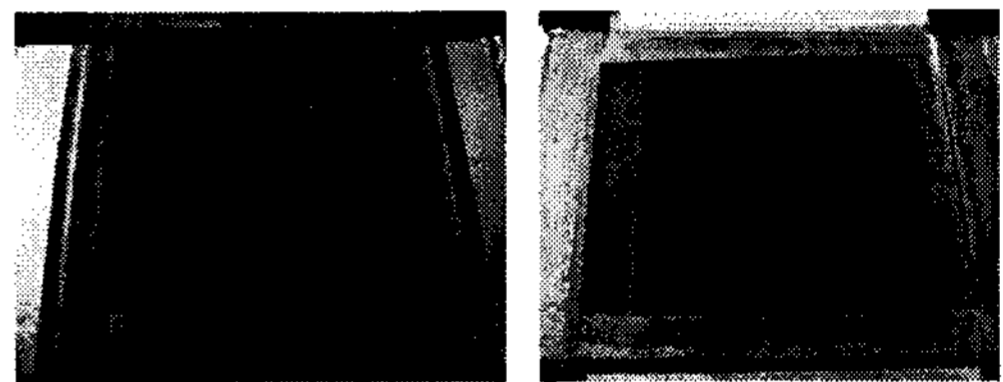


그림 3.1 전면 구동된 panel 사진

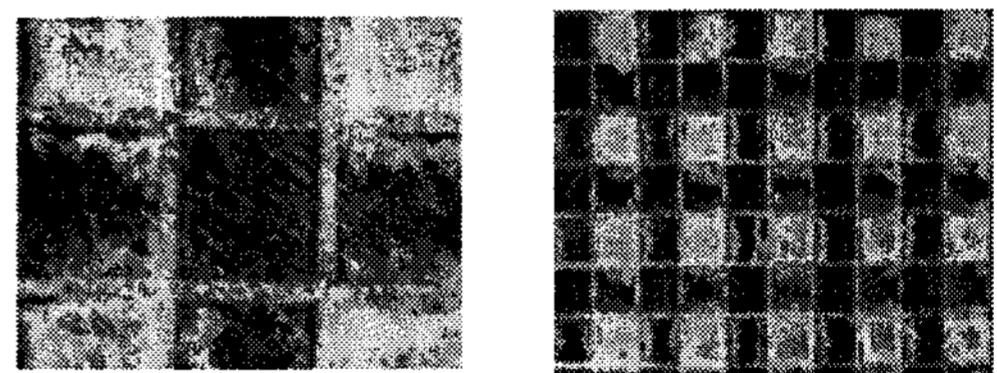


그림 3.2 선택 구동된 panel 사진

감사의 글

본 연구는 2006년 산학연 공동기술사업의 지원 (과제번호: 00021131)으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

[1] 유은호, LG전자(주), "Digital Display." p63. (2004)
 [2] R.Hattori, S.Yamada, Y.Masuda, N.Nihe and R. Sakurai, "Ultra Thin and Flexible Paper-Like Display using QR-LPD Technology," DIGEST 04, pp. 136-139 (2004).
 [3] S.H Kwon, S.G.Lee, W.K. Cho, B.G. Ryu,

M-B. Song, "Reflective Paper-Like Display using Opposite-Charged Two Particles," IMID DIGEST 05, pp. 423-425 (2005).

[4] Takashi Kitamura, "Electronic Paper Based on Particle Movement Electrophoretic and Toner Display." IDW 06, pp.587-589 (2006).

[5] M. Omodani, "Flexible Display are Expected to Create Novel Fields for Visual information," J. of the institute of image information and Television Engineer 1256-1261(2005).

[6] 참고사이트:

<http://www.research.philips.com>

<http://www.sipix.com>

<http://www.bridgestone.co.jp>

<http://www.gyriconmedia.com>

<http://www.lucent.com/pressroom/epaper.html>

<http://www.eink.com/index.html/>