

# 대전입자형 디스플레이의 대전입자층에 따른 전기적 특성

김인호\*, 이동진\*, 김영조\*  
\*청운대학교 전산전자공학과  
e-mail : kimdeath@naver.com

## Electrical Characteristics According to Layers of Charged Particle Type Display

In-Ho kim\*, Dong-Jin Lee\*, Young-Cho Kim\*  
\*Dept of Computer and Electronics Engineering  
ChungWoon University

### 요 약

본 논문에서는 전압과 마찰전기에 의하여 전하를 가진 대전입자가 운동을 기반으로 이미지를 구현하는 대전입자형 디스플레이의 패널을 셀과 전극이 형성된 상판과 하판으로 제작하였으며, 각 패널은 격벽높이를 다르게 하여 대전입자층을 여러 층으로 어드레싱하였다. 어드레싱된 상판과 하판을 대전입자가 움직일 수 있도록 스페이서를 두어 합착하여 낮은 전압부터 인가하여 문턱전압과 구동전압, 항복전압을 확인하여 선명한 이미지 구현을 할 수 있었다.

### 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, 저 가격, 넓은 시야각, 저 전력 소모 등을 끊임없이 요구하였다. 전자종이는 기존의 발광체를 사용하는 평판 디스플레이와 다르게, 반사광을 사용하여 화소를 표시하는 반사형 디스플레이이다. 그래서 이미지를 출력할 때 만 전력이 소모되고 마지막 이미지는 전력소모 없이 디스플레이할 수 있다. 최근 보고되고 있는 전자종이는 E-Ink의 전기영동방식 [1], Gyricon의 마이크로볼과 Bridgestone의 QR-LPD와 Philips의 전기습윤방식[2] 등이 있다. 현재 가장 앞선 기술로는 E-Ink사의 전기영동방식이 있으나 이 방식은 유체로 채워진 캡슐내부에 전하를 가지는 입자가 존재하며 전계에 따른 입자의 이동으로 인해 이미지를 구현하는데, 유체로 인해 응답속도가 낮고, 캡슐내의 입자와 유체와의 밀도차이로 밀도가 높은 입자가 시간에 따라 가라앉아 기록된 이미지가 손상될 수 있다.

또한, passive matrix로의 사용이 제한을 받아 제조단계에 영향을 받는다. 대전입자형 전자종이는 다른 구동방식의 전자종이보다 개선된 응답속도를 가지고 있으며 높은 대조비와 시야각과 passive matrix를 사용하여 구조의 단순함으로 인한 제조단가를 절감할 수 있다.[3],[4] 본 논문에서는 대조비가 높고 상호 반대되는 전하를 가지는 대전입자를 패널의 셀안에 어드레싱하여 외부에 인가된 전압으로 이미지를 구현하였다. 격벽의 높이에 따라 대전입자가 어드레싱되는 층이 다르므로 각기 다른 대전입자층을 가지는 패널에 인가전압에 따른 입자운동 특성변화에 관하여 기술하였다.

### 2. 대전형 디스플레이의 구동원리

대전형 디스플레이는 서로 반대되는 전하와 상호 반대되는 색을 가지는 대전입자를 인가되는 전압에 의해 이미지를 구현하는 방식이다. ITO전극이 형성된 유리기판에 대전입자의 전하와 반대되는 전압을 인가하여 발생하는 전극과 입자 간에 생성된 인력으로 입자가 전극에 유도되어서 이미지를 구현할 수

있다. 이러한 유리기판을 상판과 하판으로 구분하여 ITO전극이 마주 보도록 합착하여서 ITO전극에 전압 극성에 따라 상판 이미지를 구현할 수 있다. 전극에 유도된 입자는 전압공급을 중단하여도 Van der Waals' force에 의해 입자 위치는 변화 없이 유지 된다. 이러한 결과로 메모리효과를 확인하였다.

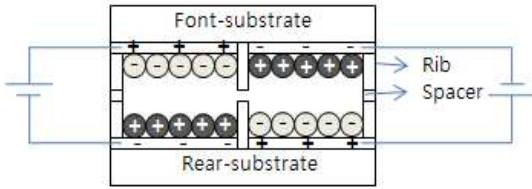


그림 2. 대전입자형 디스플레이 구동원리

### 3.패널 제작 및 대전입자층에 따른 입자어드레싱

패널(panel)의 상판과 하판을 Matrix로 구동하고 이미지 확보와 전압공급을 위해 ITO로 코팅된 유리기판을 직사각형으로 다이싱(dicing)하였다. 유리기판에 형성된 ITO전극과 격벽 패터닝(patterning)을 위해 각각 마스크(mask)를 제작하였다. 패터닝된 ITO전극 표면 중앙에 1×1inch 안에 설계된 격벽 패턴마스크로 격벽을 패터닝하여 정사각형의 150 $\mu$ m×150 $\mu$ m로 형성하였다.[5],[6],[7] 그림 3.1.은 ITO전극 패턴이 형성된 하판위에 격벽패턴을 형성한 후 광학현미경으로 관찰한 사진이다.



그림 3.1. 유리기판위에 격벽패턴이 형성된 사진

각기 다른 대전입자층을 형성하기 위하여 패널의 격벽 높이가 각기 다르고 셀 사이즈는 같은 패널을 각각 제작하였다. 대전입자의 지름은 6 $\mu$ m이하로 대전입자층이 1층으로 어드레싱되기 위해서는 격벽높이를 5 $\mu$ m인 패널을 제작하여 대전입자 크기가 5 $\mu$ m이하인 입자로 어드레싱하였고, 2층은 10 $\mu$ m, 3층은 15 $\mu$ m, 4층은 20 $\mu$ m격벽 높이를 가진 패널을 제작하여 그림 3.2.와 같이 어드레싱하였다.[6] 입자어드레싱은 패널위에 흰색 대전입자와 검정색 대전입자를 각각 도포하여 대전입자의 전하와 반대되는 전압을 패널

에 인가하고 같은 전압을 어드레싱판에 인가하여 전기적인 힘으로 입자는 셀 안에 어드레싱되고 남은 입자들은 어드레싱판의 전계에 의해 밖으로 밀려나게 된다. 이런 방법으로 상판에 음전하를 가지고 있는 흰색대전입자를 어드레싱하였고 하판에 양전하를 가지고 있는 검정색대전입자를 그림 3.3.과 같이 어드레싱하였다.

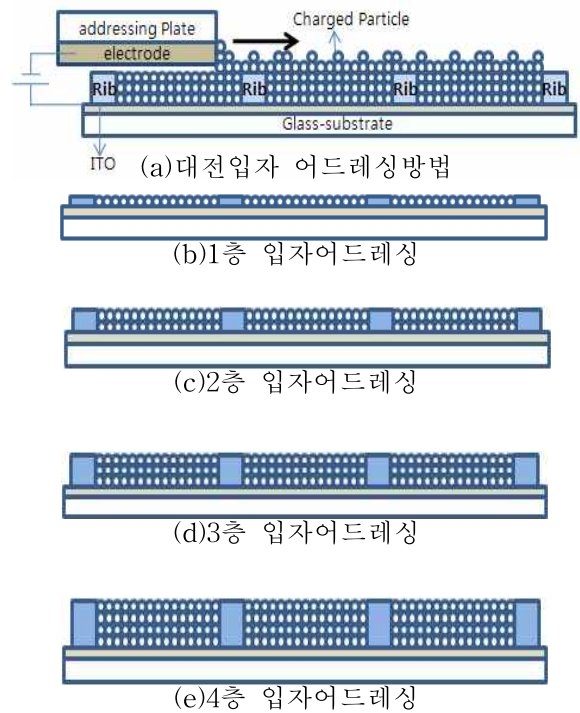
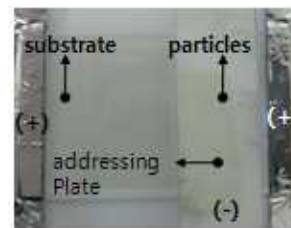
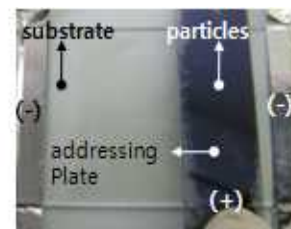


그림 3.2. 대전입자 어드레싱방법 및 격벽에 따른 대전입자층



(a)상판에 흰색대전입자 어드레싱



(b)하판에 검정색대전입자 어드레싱

그림 3.3. 대전입자 어드레싱

### 3.2. 패널 패키징

대전입자어드레싱이 완료되면, 상판의 전극과 하판의 전극이 서로 교차되어서 마주보게 하여 수직으로 셀이 어긋나지 않도록 유지한 후에 어드레싱된 대전입자가 원활히 운동할 수 있도록 스페이서 (spacer)를 통해 공간을 형성하였으며 4개의 다른 대전입자층을 가지는 패널은 60 $\mu$ m의 동일한 Cell Gap을 갖도록 하여 그림 3.4와 같이 합착하였다.



(a)패키징한 패널의 상판



(b)패키징한 패널의 하판

그림 3.4. 패키징한 패널

### 4. 패널 구동

그림 4.1.은 구동에 관해 설명을 위해 4×4의 셀을 가진 임의의 패널의 평면도이다. 패널상판과 하판을 패키징한 후 상판에 형성된 전극패드 ch1과 ch2, 하판에 형성된 전극패드 ch3과 ch4에 양전압과 음전압을 인가하여 구동하였다. 전면구동을 하기 위하여 상판의 ch1과 ch2에 양전압을 인가하고 하판의 ch3과 ch4에 음전압으로 인가하여 패널에 흰색 이미지를 구현하였고, 반대전압을 인가하여 검은색 이미지를 구현하였다.

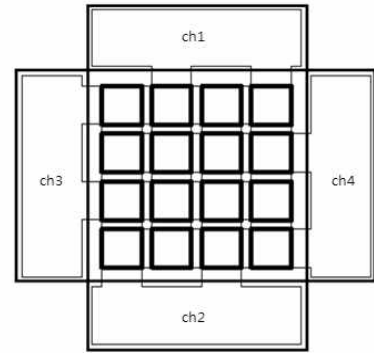


그림 4.1. 4×4의 셀을 가진 임의의 패널

패널 전면에 대전입자가 일부 혹은 패널 한 부분만 유도되는 것을 문턱전압으로 하고, 패널 전면에 모든 대전입자가 유도되어 이미지를 구현한 것을 구동전압으로 하였다. 또한, 패널 전면에 이미지가 구현되어지나 명암이 부분적으로 차이가 나고, 대전입자가 over charging되어 대전입자의 특성을 잃게 되어 입자들 간이 서로 뭉쳐있는 것을 항복전압으로 하였다. 대전입자층의 증가 할수록, 전압 또한 증가하였으며 그에 따른 문턱전압과 구동전압, 항복전압이 증가하는 것을 알 수 있다. 그림 4.2.는 대전입자층에 대한 전압특성을 나타낸 것이다.

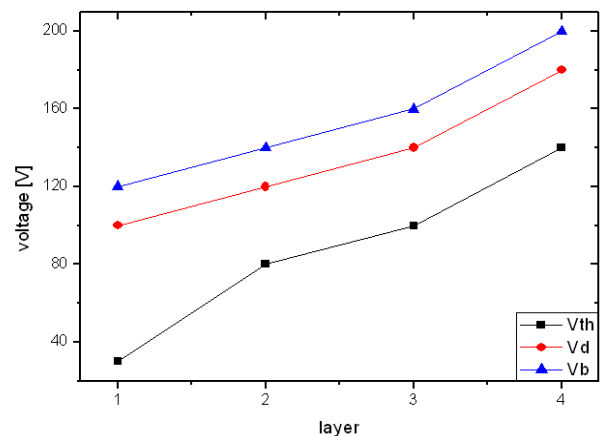


그림 4.2. 대전입자층에 따른 전압특성

### 5. 결론

대전입자형 디스플레이의 대전입자층에 따른 전기적 특성을 관찰하였으며 전압에 따른 이미지 품질을 확인하였다. 향후 대전입자형 디스플레이를 적용한 전자종이를 제작하여 구동전압보다 높은 전압을 인가 시 항복전압이 되어 전자종이의 수명이 짧아지는 것을 예방할 수 있고 구동전압보다 낮은 문턱전

압을 인가하여 이미지 퀄리티가 낮아지는 것을 방지할 수 있다. 따라서 대전입자층에 따른 구동전압을 인가하여 선명한 이미지를 구현할 수 있도록 전자종이를 제작하여야한다.

### 감사의 글

이 연구는 2007년 소재원천기술개발사업의 일환으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

- [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 January 2006 pp.48-53
- [3] R. hattrori, S. Yamada, Y. Masuda, N. Nihei and R. Sakurai, "Ultra Thin and Flexible Parer-like Display using QR-LPD Tehnology," DIGEST 04, pp. 136-139, (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, pp. 821-824, (2005)
- [5] 권기영, 김성운, 황인성, 김영조 "대전입자형 디스플레이의 구동방식" 한국산학기술학회논문지 제9권, 제1호, pp. 37-38, (2008)
- [6] 이동진, 김영조 "대전입자형 디스플레이의 대전 입자층 제어와 구동" 한국산학기술학회논문지 제8권, 제6호, pp. 1377, (2007)
- [7] 김백현, 김성운, 이상국, 김영조 "대전입자형 디스플레이 소자의 측정시스템 및 광학특성" 국산 학기술학회논문지 제9권, 제1호, pp. 30,(2008)