

대전입자형 디스플레이의 제조 및 어드레싱 방법

Fabrication and Addressing Method of Charged Particle Type Display

이동진^{1,a}, 황인성², 김영조¹
(Dong Jin Lee^{1,a}, In Sung Hwang², and Young-Cho Kim¹)

Abstract

The charged particle type display is a kind of electronic paper showing information images using positive and negative charged particles(<math><10 \mu\text{m}</math>). In this work we used yellow(-) and black(+) particles which are respectively addressed to the cells of a upper and a rear substrate by using electric field. Our independent addressing method has strong points compared to the mixed particle putting method. The packaging with two orthogonal substrates and the aging process is followed by addressing process. The panel is sequentially driven by matrix method for each 4-unit cells. Layers of particles are controlled by barrier ribs and must be addressed to minimum 2 layers.

Key Words : e-paper, Charged particle, Memory effect, Addressing, Layer control

1. 서 론

IT산업과 첨단기술의 발전으로 인하여, 세계는 디지털 정보화가 되어 가고 있다. 특히, 인터넷 보급으로 인해 방대한 양의 데이터를 손쉽게 얻을 수 있었으며, 데이터를 손쉽게 볼 수 있도록 다양한 디스플레이가 개발되고 있다. 현재 디스플레이 시장은 평판 디스플레이가 주도를 하고 있으며, 플라스틱 기판을 이용한 플렉시블 디스플레이가 차세대 디스플레이로 주목 받고 있다.

전자종이는 플렉시블 디스플레이 실현에 가장 근접한 디스플레이로 높은 대조비, 빠른 응답속도, 넓은 시야각 그리고 별도의 전력소비 없이 메모리가 가능한 플렉시블 디스플레이 장치이다. 전자종이는 다양한 기술적인 접근방법으로 시도되고 있으며, 대표적인 전자종이 기술개발 동향을 보면, 전기영동방식을 구동 메커니즘으로 삼은 E-ink사의 microcapsule 전자종이[1], 전기영동방식으로 구동

되며 roll-to-roll 공정으로 대량생산이 가능한 SiPix사의 microcup 전자종이[2], 전기습윤을 이용 컬러 오일로 화상표시를 하는 Philips사의 eletrowetting 전자종이, 그리고 대전된 입자를 사용하는 대전입자형 디스플레이[3-5] 등이 있다.

특히, 대전입자형 디스플레이(charged particle type display)는 그림 1과 같이 공기 중에서의 반대 전하를 띤 대전입자의 전기적이 이동특성을 이용하여 화상을 표시하는 전자종이로서 0.2 ms 이하의 빠른 응답속도로 동영상상이 가능하고, 밝은 해상도, 42 % 이상의 반사율, 무한한 쌍방향성, 넓은 시야각 그리고 10~30:1의 높은 대조비의 장점을 가지고 있다. 또한, 전원 공급을 중단하여도 최종적으로 표시된 이미지가 그대로 유지되는 메모리 효과가 있기 때문에 에너지 효율이 높으며, 기존의 평판 디스플레이장치에 대비 제조공정이 간단하고 패널에 사용하는 기판을 유기박막트랜지스터와 플라스틱 필름[6]을 적용하기가 용이하며, 종이처럼 얇은 초박형 디스플레이를 가능하게 하고 상용화에 가장 근접한 전자종이 중 하나이다.

본 연구에서는 대전입자형 디스플레이 제조를 위한 충전방법과 구동특성 연구를 하였으며, 특히 기존의 대전입자를 1:1비율로 혼합하여 전자종이 패널에 충전하는 방식과는 달리 입자의 신뢰성을

1. 청운대학교 전산·전자공학과
(충남 홍성군 홍성읍 남장리 산29)

2. (주) 실텍

a. Corresponding Author : dongjin.lee7@gmail.com

1차 심사 : 2007. 10. 10

2차 심사 : 2007. 11. 30

심사완료 : 2007. 12. 21

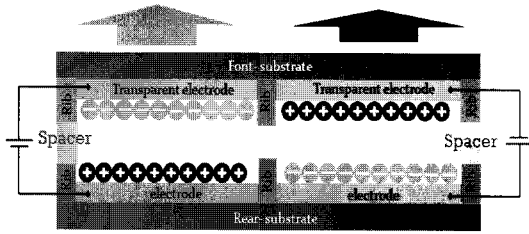


그림 1. 대전입자형 디스플레이 구동원리.
Fig. 1. Driving principle of charged particle-type display.

확보하고 문턱전압을 낮추는 목적으로 전자종이 패널의 상판과 하판에 음의전하를 띤 노란색 대전입자와 양전하를 띤 검은색 대전입자를 각각 어드레싱 하였으며, 대전입자의 전기적인 이동특성과 메모리 효과를 확인하기 위하여 대전입자가 어드레싱된 상판과 하판을 패키징하여 패널을 제조하였고, 제조된 패널을 aging을 한 후 passive matrix 방식으로 구동하였다.

2. 실험

2.1 마스크 설계 및 패널 제작

본 연구에 사용된 패널은 그림 2에서 보이는 바와 같이 전극과 셀이 형성된 유리기판이다. 패널의 상판과 하판을 passive matrix 방식으로 구동하고 전압 공급을 원활하게 하기 위해 투명전도전극이 기판 표면에 코팅된 유리 기판을 4.5 cm×3 cm의 직사각형으로 다이싱(dicing)했으며, 기판에 형성된 전극을 패터닝하고 격벽으로 구분된 셀을 형성하기 위해 전극 패턴 마스크와 격벽 패턴 마스크를 각각 설계했다. 마스크 설계 시, 제작하려는 셀의 크기와 같게 패터닝하려는 전극의 크기를 맞추며, 전극의 간격을 격벽의 폭에 맞추어 설계했다. 셀은 정사각형의 500 μm×500 μm, 300 μm×300 μm, 150 μm×150 μm으로 형성하였으며, 격벽의 폭은 셀 크기에 따라서 격벽 간격을 유지하여 마스크를 설계했다. 그리고 설계된 전극 패턴 마스크로 유리기판의 전극을 직사각형 모형의 전극 형태로 패터닝하였으며, 패터닝된 전극 표면에 중앙의 1 inch×1 inch 안에 설계된 격벽 패턴 마스크로 격벽을 패터닝하여 셀을 형성했다. 이와 같은 과정을 반복하여 패널의 상판과 하판을 제작했다. 이때, 셀에 대전 입자가 충전되는 layer를 조절할 수 있도록 패널에 형성된 격벽의 높이를 크기별로 다르게 제작했다.

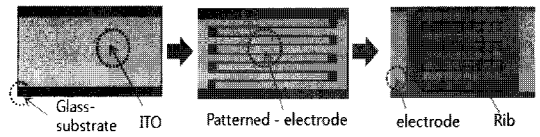


그림 2. 패널의 제조과정.
Fig. 2. Fabrication process of panel.

2.2 대전입자의 어드레싱 및 상/하판 패키징

대전 입자형 디스플레이의 화상표시를 위해 양전하를 띤 검은색 대전입자와 음전하를 띤 노란색 대전입자를 사용했으며, 그림 3과 같이 극성이 다른 두 대전입자를 상판과 하판에 각각 어드레싱했다. 어드레싱하는 두 대전입자들의 외형은 원형의 형태이며, 입자의 크기는 약 5-8 μm이다. 패널에 대전입자를 충전하기 위해 패널의 상판에 노란색 대전입자를 도포한 후 어드레싱판에 형성된 전극과 상판에 형성된 전극에 전압을 인가하여 전기적인 힘으로 노란색 대전입자를 상판에 형성된 셀에 어드레싱 시켰다. 이때, 셀에 어드레싱 되고 남은 노란색 대전입자는 어드레싱판의 전계에 의해 상판 밖으로 밀려나가게 된다. 패널의 하판에는 검은색 대전입자를 상판의 경우와 같은 공정으로 충전하되, 인가하는 전압은 반대 극성의 전압을 인가하여 어드레싱했다.

위의 공정으로 두 대전입자가 상판과 하판에 어드레싱이 완료되면, 상판의 전극과 하판의 전극이 서로 교차하도록 cross 형태로 위치시키고 상판과 하판의 셀이 서로 어긋나지 않도록 유지한 후 유기접착제를 사용하여 상판과 하판을 패키징했다. 이때, 상판과 하판의 사이에는 격벽의 높이와 입자의 이동특성에 따라 10-30 μm 높이를 가진 스페이서를 부착시켰다. 패널합착이 완료되면, 패널의 상판과 하판 가장 자리에 드러난 전극 부분에 전압을 공급할 수 있도록 전극을 형성했다.

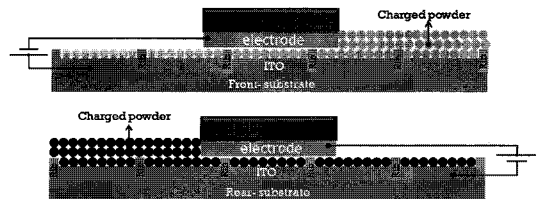


그림 3. 대전입자의 어드레싱 방법.
Fig. 3. Addressing method of charged particles.

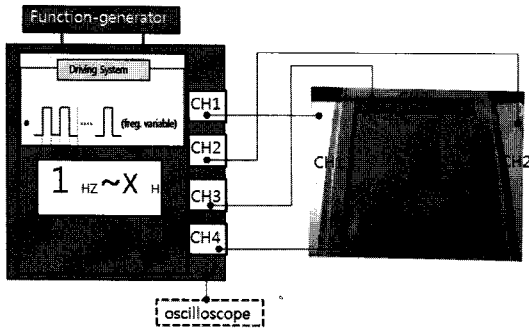


그림 4. 대전입자의 aging방법.
Fig. 4. Aging method of charged particles.

2.3 충전된 대전입자의 Aging 및 구동

PDP의 경우와 마찬가지로 대전입자형 디스플레이도 aging이 필요하며, 구동전압과 문턱전압을 낮추기 위해 필요한 공정이다. 그림 4는 대전입자형 디스플레이 패널에 충전된 대전입자를 aging하는 방법을 나타낸 것이다. 대전입자 어드레싱이 완료되면, 전자총이 패널의 상판에 형성된 전극 채널1과 2 그리고 하판에 형성된 전극 채널3과 4에 전압을 공급하여 aging을 했다. 이때, 상판과 하판의 인가하는 전압의 극성이 주기적으로 변환하도록 펄스와 카운트를 조절할 수 있는 전원공급기를 통하여 aging을 했다.

aging공정이 완료되면, 전면구동을 위해 상판의 채널1과 2 그리고 하판의 전극 채널3과 4에 전압을 인가하여 패널 전면에 노란색 이미지를 나타냈으며, 이와 반대 극성의 전압을 인가하여 패널 전면에 검은색 이미지를 나타냈다.

전면구동이 완료되면, 선택구동을 위해 패널의 전면을 검은색 이미지로 구동시켰다. 그리고 화소를 구성하는 4개의 단위셀이 순차적으로 구동할 수 있도록 상판의 전극 채널1과 하판의 전극 채널3에 전압을 인가 후 첫 번째 단위셀을 구동하였다. 그리고 두 번째 단위셀을 구동하기 위해 상판의 전극 채널2와 하판의 전극 채널3에 전압을 인가해 구동했으며, 상판의 전극 채널1과 4 그리고 하판의 전극 채널2와 4에 전압을 인가하여 세 번째 단위셀과 마지막 네 번째 단위셀을 구동시켰다.

선택구동이 완료되면, 메모리 효과 확인을 위해 패널의 전면을 검은색 이미지로 나타낸 후 상판의 전극 채널1과 하판의 전극 채널3에 전압을 인가한 후 모자이크 이미지를 나타내어 전원 공급을 중단하였다.

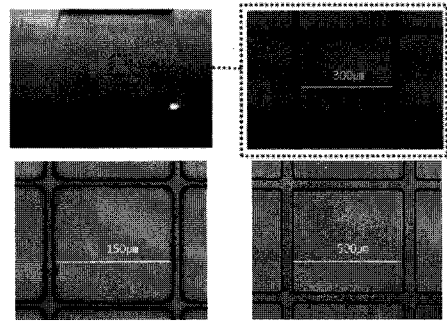


그림 5. 대전입자형 디스플레이의 패널.
Fig. 5. Panels of charged particle type display.

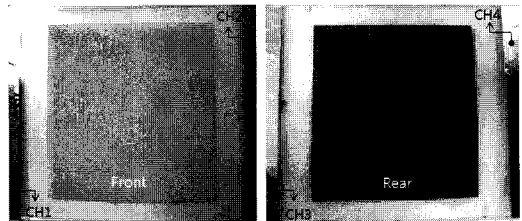


그림 6. 패널에 어드레싱된 대전입자.
Fig. 6. Addressed charged particles in panels.

3. 결과 및 고찰

3.1 셀의 크기와 어드레싱된 입자의 layer에 대한 대전입자의 전기적 특성

본 연구에서 사용하는 입자의 기하학적인 형태를 관찰하기 위해 전자현미경 사진을 그림 5에 보였다. 대전입자를 어드레싱하기 위해 실제 제작된 패널의 사진과 격벽으로 형성된 셀의 크기를 광학현미경으로 관찰한 것이다. 제작된 패널들은 셀의 면적과 높이가 높아지는 만큼 대전입자를 어드레싱할 때 어드레싱판과 상판과 하판의 전극에 인가하는 전압도 높아졌으며, 격벽의 높이를 조절하여 상판과 하판에 어드레싱된 대전입자의 layer를 조절했다. 그리고 전압을 인가하여 전자총이 패널의 셀에 어드레싱된 대전입자들은 반대 전압을 인가하지 않는 한 물리적인 힘을 가해도 그림 6과 같이 상판과 하판의 셀에 어드레싱된 상태를 그대로 유지하였으며, 1-layer로 어드레싱된 대전입자와 3-layer로 어드레싱된 대전입자를 각각 aging하여 구동한 결과 layer의 수가 증가하면, 전자총이 패널의 구동전압과 문턱전압이 높아지는 것을 관찰했다.

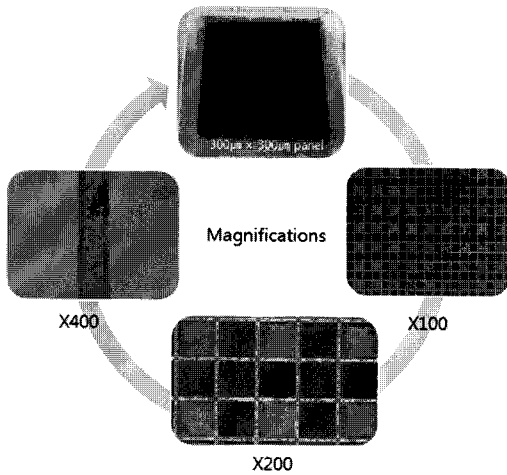


그림 7. 4-단위셀의 선택구동.
Fig. 7. Selective driven of 4 unit cells.

3.2 Aging에 따른 문턱 전압과 대전입자의 메모리 효과

어드레싱된 대전입자를 패키징한 패널에 전압을 인가하여 aging을 하면, 전자종이 패널의 상판과 하판의 셀 안에 일부 영커 있는 대전입자들이 끌고루 어드레싱되는 것을 관찰했다. 또한, 전자종이 패널에 어드레싱된 대전입자들의 문턱 전압과 구동전압이 aging을 하지 않은 패널의 대전입자들보다 훨씬 낮았으며, aging을 하지 않은 대전입자들은 over charging되었다.

전면구동을 위해 상판의 전극 채널1과 2 그리고 하판의 전극 채널3과 4에 전압을 인가한 결과 상판 전극 표면에 yellow 대전입자들이 이동하여 밀착 되었으며, 이와 반대극성으로 전압을 인가한 결과, 검은색 대전입자들이 상판 전극표면으로 이동하며 검은색 이미지를 나타내었다. 선택구동을 하기위해 4개의 단위셀을 순차적으로 선택구동한 결과, 상판과 하판의 전극이 서로 교차하는 부분의 셀들만 구동되어 모자이크 이미지를 나타내었다. 그리고 패널을 구동할 때 일부 대전입자들은 다른 입자들 보다 낮은 전압에도 이동 되었으며, 이동되지 않은 입자들의 문턱전압을 인가하여 구동한 결과, 기존에 이동되었던 대전입자들은 overcharging되어 서로 영커 있었다. 이는 일부 대전입자들 간의 구동전압 차이가 있기 때문이다. 그림 7은 셀을 선택 구동하여 모자이크 이미지를 나타낸 것이다. 이때 충전된 대전입자의 layer는 구동되는 문턱전압을 낮추기 위해 충전된 대전입자의 layer수는 1-layer이며, 패널에 전압을 인가하여 구동시킨 단위셀 내

부의 대전입자들이 셀 끝부분에 입자들이 영커된 것을 관찰했다. 이는 대전입자가 overcharging 되어 나타난 현상이며, 상판에 표시된 이미지의 명암이 부분적으로 차이를 나타내는데, 그 원인은 패널의 상판에 어드레싱된 같은 극성을 지닌 대전입자들 간의 척력으로 인한 대전입자들이 미세한 간격을 유지 하였으며, 그 간격을 통해 하판에 충전된 대전입자들이 영향을 미치게 되어 생기는 현상이다. 이는 layer수를 늘리면 간단히 해결할 수 있다.

4. 결론

이 연구를 통하여 기존의 대전입자를 1:1비율로 혼합하여 충전하는 방법과는 달리 극성이 다른 두 대전입자들을 패널의 상판과 하판에 각각 어드레싱하여 상반된 전하를 띠고 전기적 이동특성이 다른 두 대전입자들이 서로 섞이지 않아 대전입자의 신뢰성을 확보했으며, 전압을 인가할 때의 입자의 움직임과 전기적인 이동특성을 정확하게 확인할 수 있었다.

특히, 어드레싱된 패널을 상판과 하판으로 구분하고 상판과 하판의 격벽높이를 조절하여 패널에 충전되는 두 대전입자의 layer는 조절할 수 있으며 그에 따른 구동전압과 contrast ratio도 조절할 수 있으므로 때문에 대전입자형 디스플레이의 구동전압을 낮추고 contrast ratio를 높일 수 있는 역할을 할 수 있다. 어드레싱된 대전입자를 aging을 하면, 구동하는 문턱전압이 낮아지고 영커있던 대전입자가 셀 안에서 끌고루 떨어져 충전되고 패널을 구동할 때 입자의 overcharging이 적어진다는 결론을 통해 패널을 일정시간동안 aging을 하여 구동 시 궁극적으로 구동전압을 낮추고 대전입자형 디스플레이의 수명을 늘릴 수 있는 효과를 줄 수 있다.

대전입자형 디스플레이는 대전입자들이 일정한 문턱전압을 가지고 있어 passive matrix방식으로 구동이 가능하여 제조공정이 단순하고 그에 따른 제조비용 감소와 대량생산에 유리한 이점이 있다고 판단된다. 또한 이 연구를 통해 확인된 높은 쌍안정성으로 전자종이의 큰 특징인 별도의 소비전력 없이 구현된 이미지를 유지하는 메모리효과와 소비전력을 줄이는 효과를 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 2006년 지역산업기술개발사업의 일환으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] T. Kitamura, "Electronic Paper Based on Particle Movement Electrophoretic and Toner Display", IDW 06, p. 587, 2006.
- [2] R. C. Liang, J. Hou, H. M. Zang, and J. Chung, "Passive Matrix Microcup Electrophoretic Displays", IDMC'03, p. 01, 2003.
- [3] R. Hattori, S. Yamada, Y. Masuda, N. Nihei, and R. Sakurai, "Ultra Thin and Flexible Paper-Like Display using QR-LPD Technology", SID DIGEST 04, p. 136, 2004.
- [4] Y. Masuda, Y. Sakurai, N. Nihei, and R. Hattori, "Novel Type of Multi-Stable Reflective Display Using Electric Powder" IDW/AD 05, 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] J.-B. Park, J.-Y. Hwang, D.-S. Seo, D.-G. Moon, and J.-I. Han, "Study on electrical characteristics of plastic ITO film with bending on multi-barrier films", J. of KIEEME(in Korean), Vol. 17, No. 1, p. 70, 2004.