

액상분말 전자종이 특성평가(I)

권기영*, 김영조*

*청운대학교 전산전자공학과

e-mail : therun13@chungwoon.ac.kr

Evaluation of Characteristics for A Liquid Powder e-paper(I)

Ki-Young Kwon*, Young-Cho Kim*

*Dept of Computer Science and Electronics Engineering,
ChungWoon University

요 약

본 논문에서는 차세대 디스플레이로 각광받고 있는 플렉시블 디스플레이의 일환으로 전하를 갖는 입자가 전기에 의한 운동(Movement)을 기반으로 이미지를 구현하는 유리 기판 기반의 액상분말 전자 종이의 패턴(Pattern)을 설계하였으며 셀 갭(Cell Gap)에 따른 구동전압의 변화를 검토하였다. 확보된 데이터를 바탕으로 플렉시블 기판을 적용한 패널을 제작할 경우 효율적인 전기적 특성을 갖는 소자의 설계조건이 제시되었다.

1. 서론

통신기술과 IT산업의 급격한 발전으로 인해 원하는 정보를 얻기 위해 진정된 장소와 시간에 구애받던 과거와는 달리 현재사회는 쌍방향 네트워크를 거쳐 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 지향하고 있다. 이러한 현상은 대부분의 시장에 파급효과를 미치게 되었으며 디스플레이 산업 또한 예외는 아니다. 차세대 디스플레이로 각광 받고 있는 플렉시블 디스플레이는 이러한 현상을 잘 반영하고 있다. 대부분 기업을 통해서 발표되는 있는 플렉시블 디스플레이의 종류는 다양하지만 액상분말 전자종이의 경우 응답속도 면에서 기술적 한계를 드러낸 다른 플렉시블 디스플레이보다 개선된 응답속도를 갖고 있으며 높은 시야각과 대조비 및 구조의 단순함으로 인한 제조단가 절감의 이점이 있다.

본 논문에서는 마찰전기나 전기에 의해 전하를 갖는 입자가 수십~수백 개의 정렬된 셀 내부에서 채워져 외부에서 선택적으로 인가된 전압에 의해 입자의 운동을 유도하며 이를 기반으로 소자를 스위칭하여 이미지를 구현하는 액상분말 전자종이 패널의 셀 구조 변화에 따른 전기적 특성에 관하여 기술하였다. 제작된 패널은 유리 기판을 기반으로 하고 있지만 패널의 전기적 특성을 분석 하는 부분에 있어서는 문제가 되지 않으며 제시된 셀 구조에 대한 전

기적 특성 데이터는 향후 소자를 플렉시블 기판으로 제작할 경우 효율적인 전기적인 특성을 갖기 위한 소자의 셀 구조에 대한 설계조건이 제시되었다고 판단된다.

2. 액상분말 전자종이의 구동원리

액상분말 전자종이는 상호 반대되는 극성의 전하와 컬러를 갖는 입자가 인가된 전압에 의해 생성된 전계를 통해 스위칭 되어 이미지를 구현하는 방식이다.[1][2]

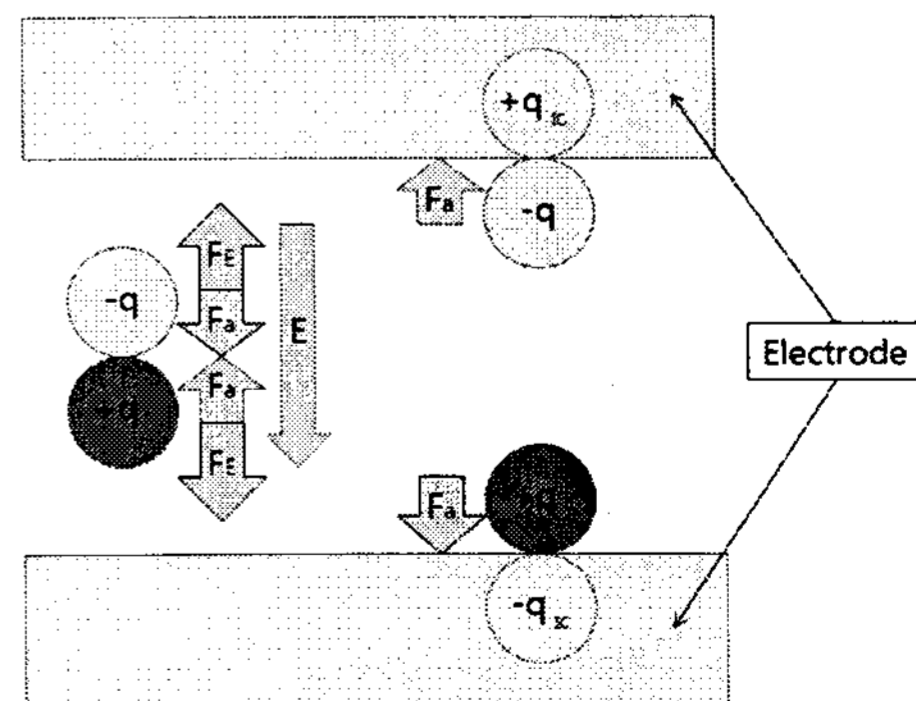


Figure.2. Driving principle of a fluid powder display

Figure.2에서 보는 바와 같이 전극사이에 생성된 힘은 인력(F_a)과 전기에 의한 힘(F_E)로 나뉜다. 인

력으로는 마찰전거나 인가된 전압에 의해 액상분말 입자는 고유의 전하량(+q, -q)을 가지게 되며 이로 인해 입자 상호간에 인력($F_q = kq^2/r^2$)이 생성된다. 또한 전극표면의 분극현상으로 인해 van der Waals' force (F_v)로 간주되는 영상전하(+ q_{ic} , - q_{ic})로 인한 인력이 있다. 전계에 의해 생성되는 힘은 외부에서 전극에 전압을 인가하면 전극사이에 전계(E)가 발생되며 전계에 의한 힘($F_E = qE$)이 생성된다.(q=입자의 고유전하량)

입자를 전극에 유도하기 위한 조건은 $F_E > F_a$ ($F_a = F_q + F_v$)이며 전극에 유도된 입자는 추가적인 힘이 없어도 van der Waals' force (F_v)로 인해 입자의 위치 상태는 변화 없이 유지된다. 이러한 특성으로 인해 액상분말 전자종이는 쌍안정(bistable) 특성을 갖게 되며 이를 메모리 효과(memory effect)라 한다. 또한 전극표면의 영상전하(+ q_{ic} , - q_{ic})로 인해 소자의 임계전계(E_c)가 존재하며 이로 인해 소자는 셀 갭과 독립적으로 고유의 문턱전압을 가지게 된다. [3]

3.1 마스크 패턴설계

제작된 패널(panel)의 ITO전극의 패턴닝(Patterning)과 격벽 패턴닝은 포토리소그라피(Photolithography)공정을 이용하여 형성하였다.

Figure.3.1은 마스크(Mask)제작을 위해 Auto Cad를 이용하여 설계한 마스크 패턴이다.

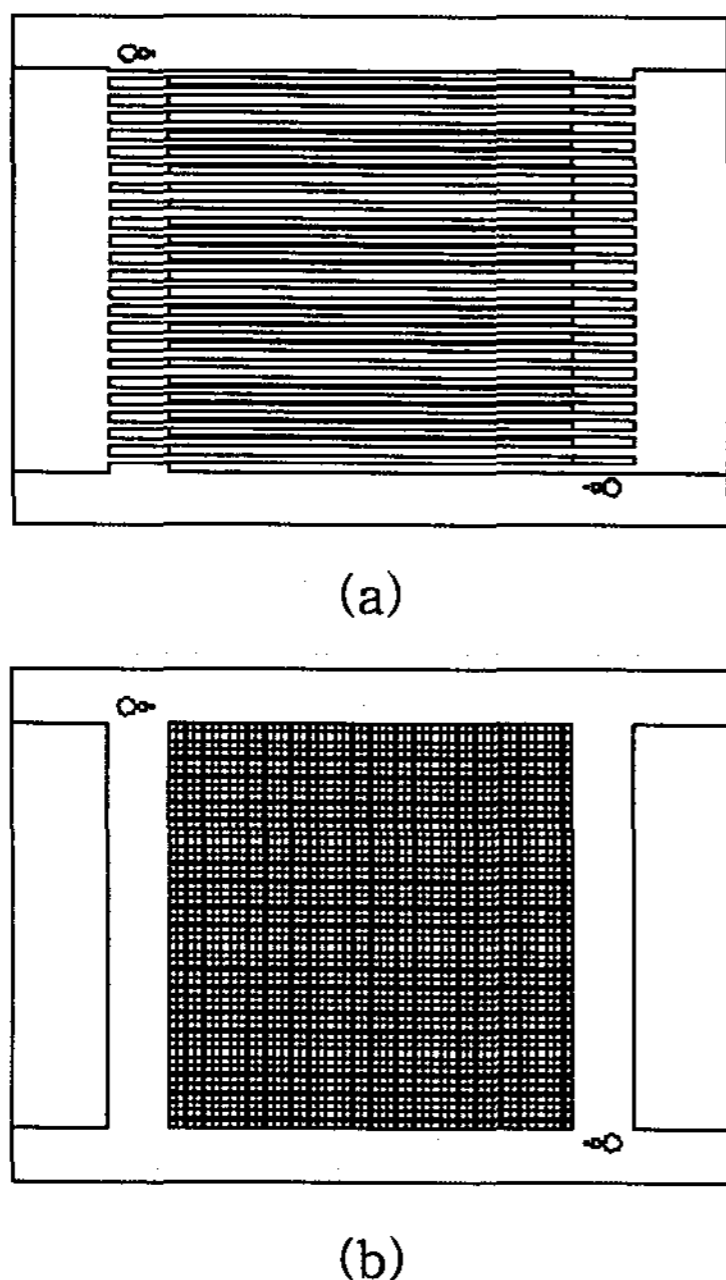


Figure.3.1. Mask pattern designed with Auto cad : (a) Electrode pattern, (b) Ribs pattern

Passive-matrix타입으로 구동되는 액상분말 전자종이는 상판과 하판에 같은 구조를 갖는 전극이 형성되며 Figure.3.1.(a)의 전극패턴은 500 μ m의 전극 폭을 갖으며 전극상호간의 50 μ m간격으로 어레이(array)되어있으며 좌우에 패드가 전극을 교번으로 전극을 포함하도록 설계하였다. [2]

Figure.3.1.(b)는 격벽패턴으로서 전극간의 간격이 격벽의 폭을 결정하여 50 μ m의 격벽의 폭을 갖으며 셀 면적은500 μ m \times 500 μ m로 형성도록 설계하였다.

(46 \times 46)-16의 셀이 어레이(array)되어있으며 사이즈는 1.4[inch]이며 해상도는46[dpi]가 되도록 설계하였다.

3.2 패널제작

패널제작은 전극 패턴과 격벽패턴이 형성된 하판 셀 내부에 상호 반대되는 극성의 전하와 색을 갖는 액상분말을 일정 비율로 채운 후 하판과 상판의 ITO 전극이 마주보도록 하(하) 수직으로 합착하였으며 셀 갭은 격벽의 높이에 따라 결정된다.[3][5]

Figure.3.2는 ITO전극패턴이 형성된 하판위에 격벽패턴을 형성한 후 광학현미경으로 관찰한 사진이다.

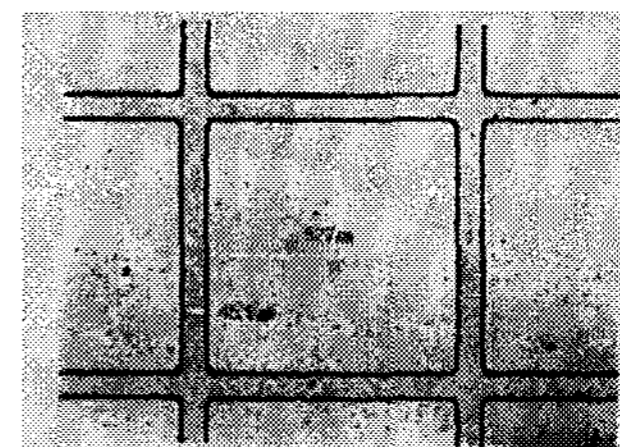


Figure.3.2. Pattern formed on a rear glass substrate

4. 패널구동

앞에서 설명했듯이 구동조건은 소자내부에 생성되는 입자간의 인력(F_q)과 van der Waals' force (F_v)보다 전계로 인한 힘(F_E)이 커야한다.($F_E > F_a$) [3]

이러한 조건을 만족하기 위해선 전계로부터 유도되는 힘(F_E)의세기를 증가시켜야 하며 전계(E)는 인가전압에 비례하며 셀 갭(Cell gap)에 반비례한다.

이러한 특성으로 인해 구동하기 위한 인가전압이 셀 갭에 따라 독립적일 수 없으며 액상분말 전자종이를 제작하여 소자를 구동하였을 경우 셀 갭이 증가함에 따라 구동전압이 증가하는 것을 확인하였다. Figure.4.1.는 소자의 이러한 특성을 나타내고 있다.

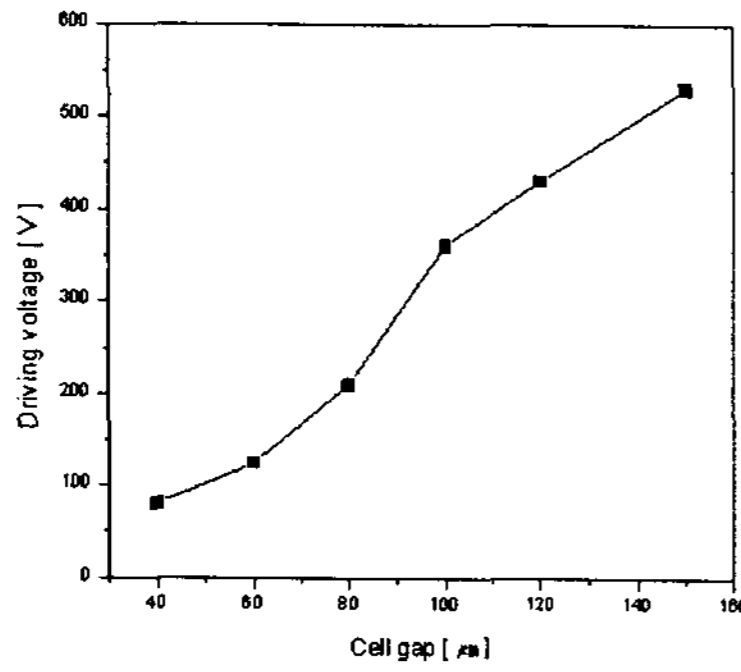


Figure.4.1. Cell gap dependence of driving voltage

셀 간의 선택적인 구동을 위하여 선택된 셀의 상판에 HV(high voltage)를 인가하였으며 하판에 0[V]를 인가하여 선택된 셀의 전위차가 HV가 되도록 하였으며 선택되지 않은 셀의 상판과 하판의 각각 MV(middle voltage)를 인가하여 선택되지 않은 셀의 전위차가 0[V]~MV가 되도록 하여 구동하였다.[4]

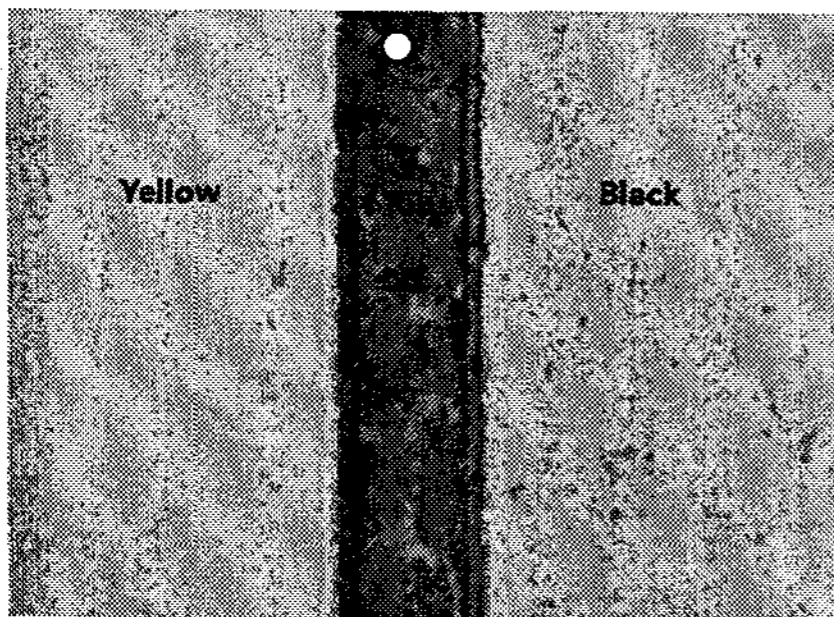


Figure.4.2. Selective driving of cells with ribs

Figure.4.2는 위에서 설명한 방식으로 전압을 인가하여 셀을 선택적으로 구동한 후 광학현미경으로 관찰한 사진이다. 격벽을 통해 구동되는 입자의 격리가 완벽하게 이루어 졌으며 근접한 전극 상호간에 전기력선의 형성이 법선방향에 형성된 전기력선보다 상당히 작음을 알 수 있었다.

5. 결론

액상분말 전자종이의 셀 갭에 따른 전기적 특성을 관찰하였으며 확보된 구동방식으로 선택적으로 셀을 구동하였을 경우 셀 상호간의 간섭현상 없이 안정적으로 셀을 구동할 수 있었다. 향후 플렉시블 기판을 적용한 소자를 제작할 경우 전력소비를 고려하여 비교적 구동전압이 낮은 40μm의 셀 갭을 갖는 소자를 제작하여야 한다.

6. 감사의 글

이 연구는 2006년 지역산업기술개발 사업의 일환으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] 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).
- [2] R.Hattori, S.Yamada, Y.Masuda, N.Nihei and R. Sakurai "A quick-response liquid-plwder display (QR-LPD) with plastic substrate" Journal of the SID 12/4, 2004, pp.405-409
- [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, pp. 136-139 (2004).
- [4] R.Hattori, S.Wakuda, M.Asalawa, "Three-Voltage -Levle Driver Driven Quick-Response Liquiod Powder Display" SID DIGEST 06, pp.1410-1413 (2006)