하전입자의 분포에 따른 Electrowetting display의 오일의 움직임

김태현, 김연식, Q. Ashanulhaq, 정은, 한윤봉, 이승희
전북대학교

Oil Movement Control by Charge Density Control in the Electrowetting Display

Tae-Hyun Kim, Yeon-Sik Kim, Q. Ashanulhaq, Eun Jeong, Yoon-Bong Hahn Seung-Hee Lee
Chonbuk National Univ.

Abstract : Electrowetting phenomenon is applied in the various field of technology. One of that is electrowetting display as a paper like electronic paper. Fast response and easy to express a color is goodness. In spite of that, the oil movement of the electrowetting display is irregular. So it doesn't look like uniform. Because of above reason, electrowetting display using patterned electrode is made and the characteristic of oil movement is observed. Electrode and polymer wall is patterned by photo-lithography. We analyze the oil movement according to the variation of size and the position of etched electrode area.

Key Words : Electrowetting display, Paper like electronic paper, Patterned electrode

1. 서 론

전자종이 디스플레이와 같은 새로운 디스플레이 소자들은 기존의 디스플레이 소자가 좋지 않기 때문에 개발되는 것이 아니며 디스플레이를 새로운 영역에 적용하기 위해서이다. 구부림이 가능한 디스플레이나 옷처럼 입을 수 있는 디스플레이 소자를 개발하는 것이 그 예가 될 수 있다. 최근의 전자종이 디스플레이의 경향을 보면 기존에 보여주었던 화질과 응답시간이 개선되어 가는 것을 알 수 있다. 전자종이 디스플레이의 일종인 electrowetting display는 빠른 응답성과 색구현의 용이한 것으로 잘 알려져 있다. Electrowetting 현상은 소수성을 띄는 계면위에 친수성인 전해질이 계면과 접하고 전압이 전해질과 소수성 계면사이에 걸리게 되면 계면의 표면에 전하들이 축적된 정도에 따라서 접촉각이 줄어들게 되는 현상을 지칭한다.[1] Electrowetting은 디스플레이로 80년대 초부터 사용되었고, 최근에 이르러서는 빠른 응답성을 나타내는 디바이스와, 마이크로 모터, heat pipe, 액체 렌즈 등으로 현재까지 연구되고 있다.[2-5]

본 논문에서는 Electrowetting display가 기존에 가지고 있던 단점이었던 불균일한 오일의 움직임을 제어하기 위해서 전극의 패턴을 통해 하부 픽셀 전극에 전압이 인가되어 소수성 절연 박막 표면에 전하들이 전극이 있는 곳과 없는 곳을 선택적으로 전하들이 이동하여 오일이 전극이 식각된 영역으로 이동하도록 하였다. 그리고 오일의 움직임을 분석하여 그것을 새로운 구조의 electrowetting display에 적용할 것이다.

2. 실 험

본 연구에서는 electrowetting display의 테스트 셀 제작을 위해서 하부 기판의 있는 Indium Tin Oxide(ITO) 전극을 부분 식각하고 고분자 벽을 형성시켰다. 식각된 ITO는 픽셀의 한쪽 구석에 위치하고, 상부기판의 경우 식각된 영역이 없는 ITO 전극이 사용되었다. 그림 1의 (a)와 (b)는 각각 전극의 패턴에 대한 그림과 전극의 패턴 형성 후 고분자 벽을 올렸을 때의 그림이다. 전극 패턴의 경우 2등변 삼각형의 형상으로 정사각형의 모서리에 패턴을 형성하였다. 그림 1의 (c)는 고분자 벽과 전극의 패턴이 되었을 경우의 입체적인 그림이다. 그리고 전극의 패턴과 고분자 벽의 형성 이후에 소수성 절연 박막으로 테플론 계열의 고분자인 AF 1600을 코팅하였다. 테스트 셀의 제작에 사용된 액체들은 각각 전해질로 사용된 증류수와 지용성 염료가 포함된 오일이 사용되었으며, 오일은 tetra-decane이 사용되었다. 지용성 염료는 oil blue N이 사용되어 오일이 파란색을 띄도록 하였다.

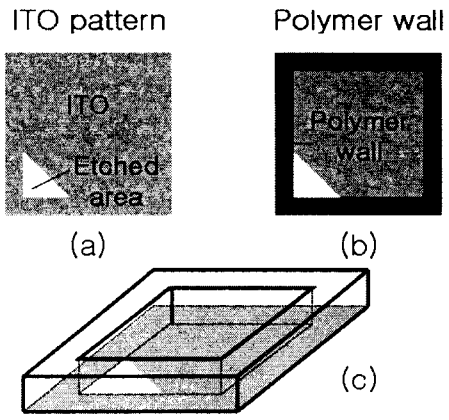

그림 1. 하부 기판의 전극 패턴과 고분자 벽의 형성

색상을 구현하기 위해서 사용된 염료는 오일의 질량에 6%에 해당하는 양을 사용하였다. 고분자 벽이 형성된 하부기판에 오일필름이 형성되고 그 위에 물이 상부기판과 하부기판 사이를 채우고 있다. 제작된 electrowettng

display의 테스트 셀은 그림 2와 같은 구조를 가지며, 상부 기판과 하부 기판의 거리는 115um이며 제작된 고분자 벽의 높이는 9-12um이다. 오일 필름이 소수성 절연 박막인 AF1600위에 형성되어 있다. 픽셀의 크기는 100um, 250um의 크기로 제작되었다. 그리고 이등변 삼각형으로 식각된 전극의 변의 길이는 각각 50*50um, 63*63um이다.

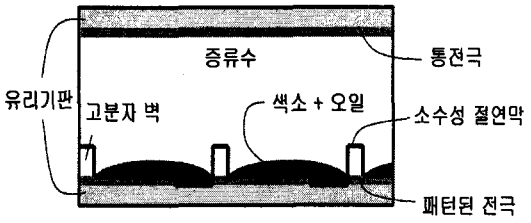

그림 2. Electrowetting display 테스트 셀 구조도

3. 결과 및 검토

제작된 테스트 셀은 0~20v까지 전압을 인가하면서 오일의 움직임을 관측하였다. 테스트 셀은 5v의 전압이 걸리면 오일이 수축되기 시작해서 15v정도가 되면 명암을 구분할 수 있을 정도의 화상을 표현할 수 있었다. 오일을 관찰한 결과, 식각된 영역의 넓이와 위치 그리고 모양에 따라서 오일의 움직임이 달라지는 것을 확인했다. 그 양상은 ITO가 식각된 영역이 전체 픽셀의 1/4이상인 경우 오일의 움직임이 처음부터 전극이 식각된 영역으로 수축되는 반면 전극이 식각된 영역이 1/4 이하일 경우 오일이 바로 전극이 식각된 영역으로 이동하지 않는 테스트 셀이 있었다. 그리고 식각된 영역이 1/4인 경우 오일이 전극이 식각되지 않은 영역으로도 움직이는 것을 확인하였다. 초기에는 오일이 전극이 식각된 영역으로 움직였던 것이 시간이 지난 후에 다시 전압을 인가했을 때는 전극이 식각되지 않은 영역으로 움직였다. 하지만 20v를 넘는 전압을 인가하였을 경우에는 전극이 식각된 영역으로 오일이 다시 움직여가는 것을 확인하였다. 오일이 전극이 식각되지 않은 영역으로 움직이는 것은 전극이 식각된 형태와 넓이에 따라서 물이 오일을 밀어내는 힘이 전극방향이 아닌 다른 방향을 향하게 되어 오일이 전극이 식각되지 않은 영역으로 움직이는 것으로 생각된다. 20v 이상의 전압에서는 오일이 전극이 식각된 영역으로 움직이게 되는데, 이것은 오일이 식각된 영역에 있을 때 에너지 상태가 최소화되기 때문에 일어나는 현상으로 생각된다. 그림 3의 (a),(b)는 원하는 위치에 전극의 패턴과 고분자 벽이 있을 경우의 오일이 모두 전극이 없는 영역으로 움직이는 것을 보여준다. 그림 3의 (c),(d)는 오일의 주입에 따라서 다른 양상으로 오일이 움직이는 것을 보여준다. 그림 3과 같은 전극의 형상을 가진 픽셀의 경우 일부 픽셀에서 초기에 오일이 움직이기 시작할 때 바로 전극이 식각된 곳으로 움직이지 않고 오일이 먼저 중앙으로 수축된 뒤에 전압을 더 높여주면 오일이 식각된 전극 영역으로 움직이는 것을 확인하였다. 그리고 오일이 제대로 주입되지 않은 픽셀의 경우에 다양한 양상을 보여주었는데, 공통적으로 오일은 픽셀의 모서리 방향으로 움직이는 경향을 보여주었으며 이것은 전극이 식각되지 않은 경우와 동일하다.

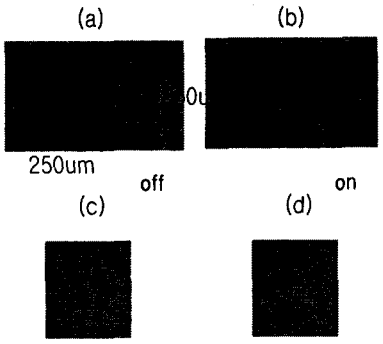

그림 3. 250um 크기의 픽셀의 on, off와 모식도

4. 결 론

본 연구에서는 electrowetting display의 문제점 중에 하나였던, 오일의 불규칙한 움직임을 전극 패턴을 통해서 제어하는 방식을 연구하였다. 실험 결과는 식각된 전극이 1/4의 이상의 영역을 차지할 때 오일이 고분자벽의 한쪽으로 균일하게 움직이는 것을 보여주었다. 식각된 전극의 영역이 1/4이하인 경우에도 구동전압에서는 오일이 모두 전극이 식각된 영역으로 움직이는 것을 확인하였다. 이러한 현상의 배경에는 전극이 없는 영역에서는 전하들이 소수성 절연 박막 표면으로 이동되지 않아 전해질이 오일을 밀어내지 않고, 전극이 있는 영역에서는 전해질이 오일을 밀어내기 때문에 결과적으로 오일이 전극이 없는 영역으로 밀려나가는 것으로 해석할 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 2005년 교육인적자원부의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 KRF-2005-202-D00233.

참고 문헌

[1] R. A. Hayes and B. J. Feenstra, Nature 425,p. 383-385, (2003).

[2] M. G. Pollack, R. B. Fair, and A. D. Shenderov, Appl. Phys. Lett. 77, p. 1725, (2000).

[3] J. Lee and C. J. Kim, J. Microelectro- mechanical System 9,p. 171-180, (2000).

[4] J. Darabi, M. M. Ohadu, and D. DeVoe, J. MEMS 10,p. 98-106, (2001).

[5]. B. Berge and J. Peseux, Eur. Phys. J. E 3,p. 159-163, (2000).