

액정 매질내의 풀러렌 입자의 Dielectrophoretic force를 이용한 전자종이 디스플레이의 연구

김미경, 김미영, 김성민, Anoop Kumar Srivastava, 이명훈, 이승희
전북대학교 고분자·나노공학과

Research on electronic paper-like displays using dielectrophoretic force of fullerene particles immersed in liquid crystal medium

Mi-Kyung Kim, Miyoung Kim, Sung Min Kim, Anoop Kumar Srivastava, Myong-Hoon Lee, and Seung Hee Lee
Department of Polymer · Nano Science and Technology, Chonbuk National University

Abstract : The dynamics of nano or micro sized-particles in liquid crystal (LC) medium under an external electric field is of theoretical and technological interest. A fullerene of 10 wt% was doped into the LC medium and its electric field induced motion was controlled by both in-plane and vertical electric fields. In the proposed device, pixel electrode I and pixel electrode II were designed consecutively on the bottom substrate and common electrode on the top of the substrate. When the electric field was applied, the fullerenes start to move in direction of applied electric field. The dark, grey and white states in the proposed device can be obtained by suitable combination of the polarity of applied electric field at pixel electrode I, pixel electrode II and common electrode. The dynamical motions of fullerene particles in LC medium suggest that fullerene can be designed for electronic-paper like displays.

Key Words : fullerene, liquid crystal, dielectrophoretic, In-plan switching(IPS), electronic paper-like display

1. 서론

최근에는 기존의 디스플레이 소자와 인쇄된 종이 각각의 장점을 가진 새로운 표시 소자로서 전자 종이 (electronic paper)라는 개념이 고려되고 있다. 전자종이는 일종의 반사형 디스플레이(reflective display)로서 기존의 종이와 잉크처럼 높은 해상도, 넓은 시야각, 밝은 흰색 배경으로 표시매체 중 가장 우수한 시각 특성을 가지며, 플라스틱, 금속, 종이 등 어떠한 기판 상에서도 구현이 가능하고[1, 2], 전원을 차단한 후에도 화상이 유지되고 백라이트(back light) 전원이 없어 이동 통신기기의 배터리 수명이 오래 유지되므로 원가 절감 및 경량화를 쉽게 적용시킬 수 있다. 전자종이 기술로는 QR-LPD(Quick Response Liquid Powder Display)기술 [3], TBD(Twisting Ball Display)기술 [4] 그리고 마이크로 캡슐을 응용한 E-Ink사의 전기영동법이 알려져 있다. 더불어 최근에는 풀러렌과 같은 전기영동형 입자를 사용하여 전자종이를 구현하려는 연구가 진행되고 있다.[5] 따라서 본 논문에서는 풀러렌은 사용하여 구동전압이 낮고 안정성이 우수하며 또한 상판에 공통전극을 사용함으로써 제조의 표현이 가능한 전자 종이 디스플레이를 연구하였다.

2. 실험

본 실험에서는 네마틱 액정($\Delta \epsilon = 7.4$, clearing temperature 87°C with a nematic phase down to -4

0°C)을 medium으로 사용하였고, 전극 폭이 10 μ m, 그 간격이 20 μ m로 패터닝 하부 전극에 고분자 박막을 코팅하였다. 상판은 공통전극 기판으로 동일한 박막을 코팅하였다. 액정에 풀러렌(Mer corporation, 99+%) 10wt%를 분산시킨 후 셀에 주입하였고 셀 갭은 60 μ m로 제작하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 liquid crystal medium속에 분산된 풀러렌 입자의 모식도이다. 하부에는 화소전극 I 과 화소전극 II, 상부에는 공통전극이 위치해 있다. (a)는 공통전극에 화소전극 I 과 화소전극 II보다 높은 전압을 가해진 상태에서, liquid crystal medium속에 분산된 풀러렌 입자의 특성상 양전위 방향으로 이동하기 때문에 입자들이 공통전극 쪽으로 이동하여 dark 상태를 표현하게 된다. (b)는 공통전극보다 화소전극 I 과 화소전극 II에 상대적으로 높은 전압을 인가한 상태에서, 풀러렌 입자가 양전위를 갖고 있는 방향으로 이동하게 되며 따라서 입자들이 화소전극 윗면으로 이동하게 되어 grey 상태를 구현하게 된다. (c)는 공통전극과 화소전극 II보다 화소전극 I 에 높은 전압을 인가하여 화소전극 I 위로 풀러렌 입자들이 이동하게 되어 white 상태를 구현할 수 있게 된다.

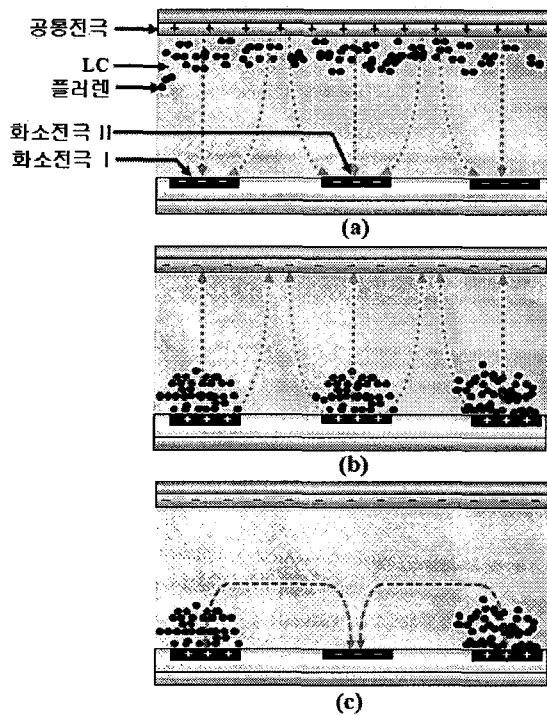
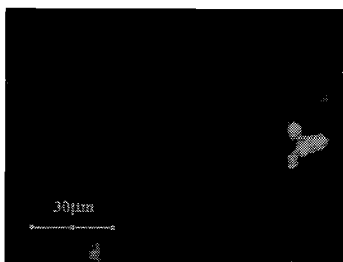
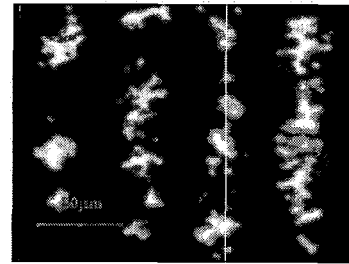


그림 1. 액정 셀 내부의 liquid crystal medium에 분산된 플러렌 입자의 모식도 (a)dark 상태 (b)white 상태 (c)grey 상태

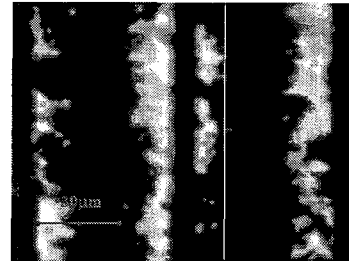
그림 2는 액정 셀에 주입된 플러렌 입자의 거동에 따라 표현된 현미경사진이다. (a)는 dark 상태의 이미지로, -10V의 직류전압을 인가한 화소전극 I, II에서 +10V의 직류전압을 인가한 공통전극의 쪽으로 플러렌 입자들이 이동하여 전 영역에 걸쳐 고르게 분산되어 있기 때문에 dark 상태를 보이는 것을 확인할 수 있다. (b)는 공통전극에 -10V의 직류전압을 인가하고 화소전극 I, II에는 +10V 직류전압을 인가하여 플러렌 입자들이 화소전극 I, II 쪽으로 이동한 모습으로 grey 상태를 표현한다. (c)는 화소전극 II 위로 플러렌 입자들이 움직일 수 있도록 공통전극과 화소전극 I에는 -10V 직류전압을 인가하면서 화소전극 II에 +10V 직류전압을 인가하였다. 구동전압은 10V로 기존 QR-LPD [3]와 비교할 경우 구동전압이 매우 낮아 전자총이 디스플레이에 응용시 소비전력이 낮아진다는 것을 확인하였다. 이처럼 dark, grey, white 상태를 구현함으로써 전자총의 계조표현이 가능하게 되었음을 보여준다.



(a)



(b)



(c)

그림 2. 액정 셀 내부에 10wt% 플러렌을 주입한 후 현미경 사진 (a)dark 상태 (b)grey 상태 (c)white 상태

4. 결론

본 연구에서는 전자총이 디스플레이를 구현하기 위해 플러렌을 사용하여 액정 셀에서의 움직임을 관찰하였다. 외부에서 인가된 전위차에 의해 제조된 입자의 움직임을 이용하여 중간계조의 표현을 가능하게 하였으며 현재 불투명 전극을 사용하여 실험을 하였으나 투명전극을 사용하면 더 좋은 명암대비율을 얻을 수 있을 것으로 예상된다.

감사의 글

본 연구는 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국 과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R01-2007-000-20050-0)

참고 문헌

- [1] S. H. Kwon, S. G. Lee, W. K. Cho, B. G. Ryu, M.-B. Song, SID Vol. 37, p.1838, 2006
- [2] C. P. Chiu, P. W. Huang, and S. K. Fan, SID Vol. 38, p.1466, 2007
- [3] R. Sakurai, S. Ohno, S. I. Kita and Y. Masuda, SID Vol. 36, p.1922, 2006
- [4] N. Flores-Rodriguez, Z. Bryning and G. H. Mark, IEE Proc.-Nanobiotechnol Vol. 152, No. 4, 2005
- [5] M. Kim, S. M. Kim, E. M. Jo, J. H. Choi, J. H. Hwang, A. K. Srivastava, M. H. Lee and S. H. Lee, Proc. of the KIEEME Annual Spring Conference 2008, p.63, 2008