

전자종이 표시소자를 위한 수평전기장에서의 플러렌 움직임 연구

김미영, 김성민, 조은미, 최정훈, 황지혜, 아눙 쿠마 스리바스타 , 이명훈, 이승희
전북대학교 고분자·나노 공학과

Studies of electrokinetic motion of fullerene in liquid crystal medium for electronic paper displays

Miyoung Kim, Sung Min Kim, Eun Mi Jo, Jung Hun Choi, Ji Hye Hwang, Anoop Kumar Srivastava,
Myong-Hoon Lee and Seung Hee Lee
Department of Polymer · Nano Science and Technology, Chonbuk National University

Abstract : Electrokinetic motion of fullerene (C_{60}) particles in liquid crystal (LC) medium under an in-plane electric field has been studied for the application to the electronic paper display. Fullerenes move in the direction of applied electric field due to interaction between the induced dipole moment on C_{60} and external electric field at lower threshold voltages compared to other devices such as QR-LPD (Quick Response Liquid Powder Display) and TBD (Twisting Ball Display). We also confirmed the bistability of fullerene particles in LC medium and the results showed that the 87% and 81% of original reflectance or transmittance of image was retained after 24 hours and 48 hours respectively. Our studies show the possibility that fullerenes can be used for electronic paper display.

Key Words : fullerene(C_{60}), In-plan switching(IPS), electronic paper like display(EPD)

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 종지와 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-LPD기술, TBD기술 그리고 마이크로캡슐을 응용한 E-Ink사의 전기영동법이 알려져 있다. 하지만 이 기술은 주로 양전하와 음전하를 갖는 입자를 사용하기 때문에 구동전압이 높다는 단점이 있다[3]. 따라서 본 논문에서는 구동전압이 낮고 안정성이 우수한 전자종이 디스플레이를 만들기 위해 전하를 갖지 않으면서도 전기장으로 통제가 가능한 플러렌 입자를 액정과 같이 수평전기장에 의해 구동되는 in-plan switching(IPS) 셀에 주입하여 수평전기장에서의 플러렌 입자의 움직임과 셀의 전기광학특성을 연구하였다.

2. 실험

본 실험에서는 네마틱 액정 MJ951160 ($\Delta \epsilon = 7.4$, $\Delta n = 0.088$ nm at $\lambda = 589$ nm, clearing temperature 87°C with a nematic phase down to -40°C)을 사용하였다. 전극 폭이 $10\mu\text{m}$, 너비가 $30\mu\text{m}$ 로 패터닝 하부 전극에 수평 배

향막 AL16139을 사용하여 코팅하였으며, 상판은 유리기판으로 동일한 수평 배향막을 사용하여 상하판을 안티러빙하고 합착하여 셀을 제작하였다. 플러렌(MER corporation, 99+%) 5wt%를 액정에 분산시킨 후 셀에 주입하였고 셀 갭은 $60\mu\text{m}$ 가 되도록 제작하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 IPS셀에 주입된 플러렌의 현미경사진이다. 그림 1(a)는 전압을 인가하지 않은 상태의 초기 이미지로, 플러렌이 전체적으로 고르게 분산되어 어둡게 보이는 것을 확인할 수 있었다. 그림 1(b), (c), (d)는 셀에 전압을 각각 10V, 20V 25V인가했을 때의 플러렌 입자의 움직임을 관찰한 사진으로 전압이 인가되면 플러렌 입자들은 + 전극 쪽으로 이동하며 그 이동양이 전압에 비례함을 가지적으로 확인할 수 있다. 이것은 플러렌의 이동이 전압에 의해 통제가 가능하며 따라서 디스플레이에 응용할 경우 원하는 계조를 표현할 수 있음을 시사한다. 특히 그림 1(c)와 (d)는 5V정도의 전압차이가 있음에도 불구하고 플러렌의 이동에 큰 차이가 나지 않는 것으로 보아 5wt% 플러렌을 완전하게 이동하는데 20~25V정도로 낮은 전압이면 충분함을 알 수 있다.

그림 2는 IPS cell에 5wt% 플러렌을 주입한 후 전압을 인가하면서 반사율을 측정된 결과이다. 외부 전압에 비례하여 반사율이 선형적으로 증가함을 확인할 수 있다. 구동 전압은 18V로 기존 QR-LPD (Quick Response Liquid Powder Display)[5]와 비교할 경우 구동전압이 매우 낮아 차후 전자종이 디스플레이에 응용 시 소비전력이 낮을 것으로 예상된다.

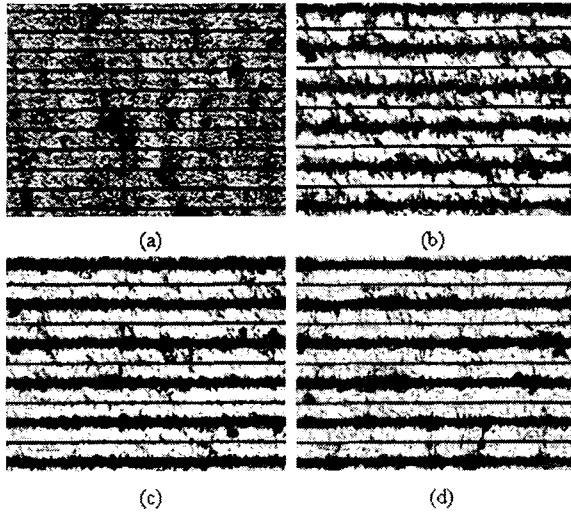


그림 1. In-plan swithing (IPS) cell에 5wt% 플러렌을 주입한 후 현미경 사진 (a) 전압 인가전의 이미지 (b) 10V 직류전압을 인가한 후의 이미지 (c) 20V 직류전압을 인가한 후의 이미지 (d) 25V 직류전압을 인가한 후의 이미지

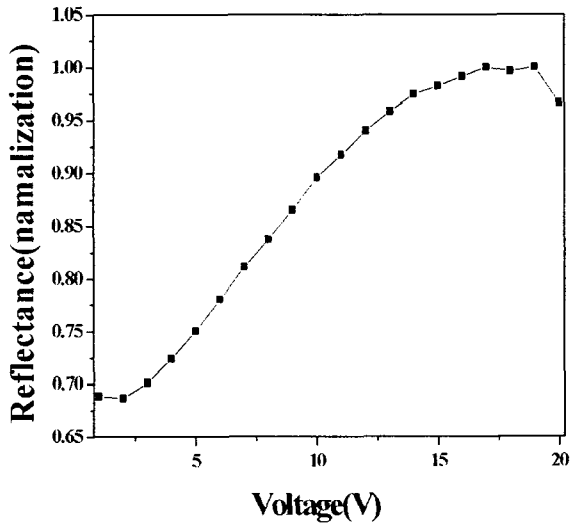


그림 2. In-plan swithing (IPS) cell에 5wt% 플러렌을 주입한 후 전압에 따른 반사율 측정

그림 3은 IPS cell에 5wt% 플러렌을 주입한 후 전압에 따른 투과율을 측정한 결과이다. 초기에는 전압을 인가하여도 움직이지 않지만 4V 정도의 전압을 인가하면 입자들이 움직이기 시작하며 역시 외부 전압에 비례하여 입자의 움직임이 증가함을 알 수 있다. 반사율에 비해 투과율이 더 좋은 명암 대비비를 갖는데 그 원인으로는 반사의 경우 입사된 빛이 다시 반사되는 두 번의 경로를 거쳐 플러렌을 통과하지만, 투과의 경우 한번의 경로를 거쳐 플러렌을 통과하고 있기 때문에 플러렌에 의한 흡수율이 반사형에 비해 감소했기 때문으로 여겨진다. 본 결과에 대해 추가적으로 bistability[4] 보유시간을 측정하였으며 48시간이 지나

도 81%의 정보를 그대로 유지함을 확인하였다.

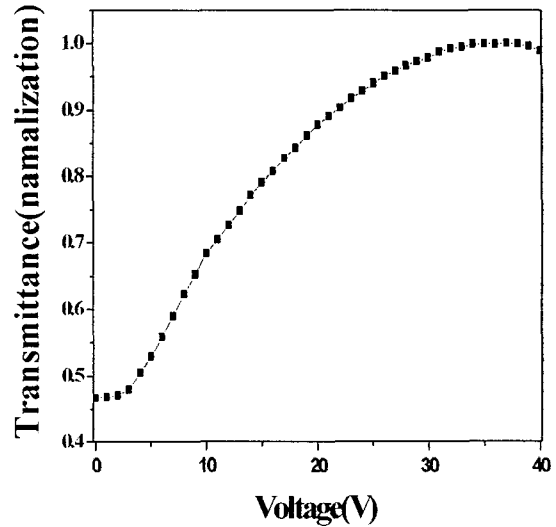


그림 3. In-plan swithing (IPS) cell에 5wt% 플러렌을 주입한 후 전압에 따른 투과율 측정

4. 결론

본 연구에서는 플러렌을 액정과 혼합하여 IPS셀에서의 움직임을 관찰하였다. 외부 전기장에 의해 움직임이 통제되며 특히 외부 전기장에 비례하여 이동량이 증가함을 확인하였고 다른 입자들에 비해 낮은 전압에도 이동이 가능하기 있기 때문에 전자종이에 응용할 경우 소비전력을 현저히 낮출 수 있을 것이라 예상된다. 또한 전자종이의 경우 정보를 입력하고 난 후 전원 공급이 없는 상태에서도 초기 이미지를 유지해야 하는 특성인 bistability를 갖아야 하는데 플러렌이 bistability를 갖으며 48시간이 지나도 81%이상의 정보를 유지할 수 있음을 확인하였다.

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, 2006
- [2] Cheng-Pu Chiu, Po-Wen Huang, and Shih-Kang Fan, SID, 2007
- [3] Ryo Sakurai, Shingo Ohno, Shin-ichi Kita and Yoshitomo Masuda, SID, 2006
- [4] N. Flores-Rodriguez, Z. Bryning and G.H. Mark, IEE Proc.-Nanobiotechnol., Vol. 152, No. 4, 2005
- [5] S.H. Kwon et al., "Flexible paper-like display using charged polymer particles", SID, 2006