

# 전자종이 제작을 위한 FULLERENE/POLYSTYRENE microparticles의 움직임연구

김미영, 김건지, 김성민, 조은미, Anoop Kumar Srivastava, 정준호, 지승훈\*, 이명훈, 이승희, 이기동\*  
전북대학교 고분자·나노공학과, 동아대학교 전자공학과\*

## Studies on electrokinetic motion of FULLERENE/POLYSTYRENE microparticles in liquid crystal medium for electronic paper displays

Miyoung Kim, Kun-Ji Kim, Sung Min Kim, Eun Mi Jo, Anoop Kumar Srivastava, Jun Ho Jung, Seung-Hoon Ji\*.

Myong-Hoon Lee

and Seung Hee Lee, Gi-Dong Lee\*

Department of Polymer · Nano Science and Technology, Chonbuk National University

Department of Electronics Engineering, Dong-A University, Busan 607-735, Korea\*

**Abstract :** The dynamics of nano particles in LC medium under an external electric field is of theoretical and technological interest. In this work, the dynamical characteristics of fullerene (C<sub>60</sub>) particles in liquid crystal (LC) medium under dc electric field have been investigated. This effect was studied for homogeneously aligned nematic LC cells driven by in-plane field. The C<sub>60</sub> was found to be aggregated in a form of cluster inside the LC medium. Hence polystyrene was used to protect the aggregation of C<sub>60</sub> in LC medium. When the electric field was applied, the fullerenes start to move in direction of applied electric field. The density of C<sub>60</sub>'s particles at the electrodes increase with increase in the value of applied electric field. The dynamical motions of fullerene (C<sub>60</sub>) particles in liquid crystal (LC) suggest that fullerene can be designed for electrophoretic displays (i.e., electronic ink).

**Key Words :** fullerene, polystyrene, In-plan switching(IPS), electronic paper like display(EPD)

### 1. 서 론

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.[3] 더불어 최근에는 풀러렌과 같은 전기영동형 입자를 사용하여 전자종이를 구현하려는 연구가 진행되고 있다.[4] 하지만 풀러렌을 전처리 없이 liquid crystal medium에서 사용할 경우 서로 뭉치는 경향이 있어 고분자막을 사용하여 잘 분산된 풀러렌의 수평 전기장 속에서의 움직임을 관찰하였다.

### 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 medium으로 사용하였고, 전극 폭이 10 $\mu$ m, 너비가 30 $\mu$ m로 패턴된 하부 전극에 수평 배향막 AL16139을 사용하여 코팅하였으며, 러빙 방향은 전기장 방향으로 실시함으로써 입자의 움직임을 용이하게 하였다. 상판은 유리 기판으로 동일한 수평 배향막을 사용하여 상판과 하판을 안티러빙하고 합착하여 셀을 제작하였다. 풀러렌을 분산시키는 방법으로 풀러렌을 core material로 하여 polystyrene을 중합하여 코팅하였다. 먼저 정제된 단량체 styrene (Aldrich,  $\geq 99\%$ )는 안정제 polyvinylpyrrolidone (PVP, SHOWA chemical co. LTD)가 포함된 증류수에 풀러렌(MER corporation, 99+%) 10wt%를 포함하도록 하여 초음파 발생기를 이용하여 에멀전을 만들어 안정화시킨 후, 중합하였다. 이때 가교제 divinylbenzene을 사용하여 입자를 경화시킴으로써 제조된 입자의 뭉침을 방지하고 크기를 제어하도록 하였다. 이렇게 제조된 fullerene/polystyrene microparticles는 수평전기장 (In-plane field)에 의해 구동되는 셀에 주입하여 그 움직임을 확인하였다. 셀갭은 60 $\mu$ m가 되도록 제작하였다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 1은 In-plane switching(IPS) 셀의 구조로 (a)는 liquid crystal medium속에 분산된 fullerene/polystyrene microparticles의 모식도를 보여준다. 하부에는 화소전극이

있으며 전압을 인가하지 않은 상태에서 입자들은 균일하게 분포되어 있다. 따라서 fullerene/polystyrene microparticles 입자들에 의해 다크를 표현하게 된다. (b)는 화소전극에 전압을 인가하여 liquid crystal medium속에 분산되어 있던 fullerene/polystyrene microparticles이 양전위를 갖고 있는 화소전극방향으로 이동하게 되며 따라서 입자들이 전극 윗면으로 이동하게 되며 화이트를 구현하게 된다. 이때 화소전극과 화소전극 사이의 거리가 30 $\mu$ m이므로 사람 눈의 분해능으로 구분되지 않으며 따라서 밝기의 차이만을 인식할 수 있다.

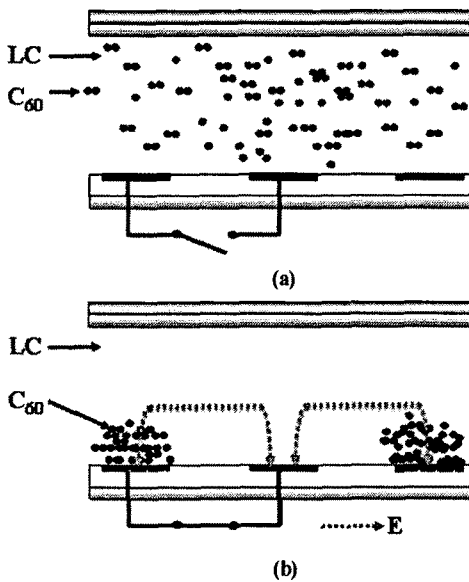


그림 1. IPS 셀 내부의 liquid crystal medium에 분산된 fullerene/polystyrene microparticles의 모습도 (a) 전압이 인가되지 않은 상태 (b) 전압이 인가된 상태

그림 2은 polystyrene을 사용하여 플러렌을 분산시킨 후 주사형 전자현미경(scanning electron microscope)으로 확인한 사진으로, fullerene/polystyrene microparticles의 사이즈가 300nm정도로 균일한 이미지를 얻었으며 입자 사이에 뭉침이 적고 고르게 분산된 것을 확인할 수 있었다.

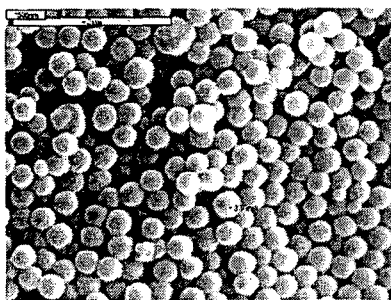


그림 2. Fullerene/polystyrene microparticles의 주사형 전자현미경 사진

그림 3는 IPS 셀에 주입된 5wt% Fullerene/polystyrene microparticles의 전압에 따른 반사율과 투과율 측정 결과이다. 인가된 전압에 따라 Fullerene/polystyrene microparticles 입자의 반사율과 투과율이 비례하여 증가하는 것을 확인할 수 있다. 반사율이 투과율에 작은 값을 보이는 이유는 반사율 측정시 빛이 셀의 내부를 두 번 지나게 되며 따라서 Fullerene/polystyrene microparticles에 의한 흡수량이 셀의 내부를 한 번 지나는 투과율에 비해 더 크게 나타나기 때문이다.

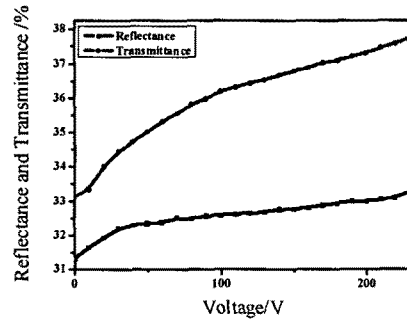


그림 3. 수평전기장에 의해 구동되는 셀에 주입된 5 wt% Fullerene/polystyrene microparticles의 전압에 따른 반사율과 투과율 측정

#### 4. 결론

본 연구에서는 플러렌을 사용하여 전자증기를 구현하는데 있어 플러렌의 뭉침을 방지하기 위해 분산제를 사용하여 Fullerene/polystyrene microparticles를 제조하였으며, IPS 셀에서의 움직임을 관찰하였다. 외부에서 인가된 전위차에 의해 제조된 입자의 움직임을 확인하였으며 효과적인 분산성으로 인해 전자증기에 응용할 경우 높은 명암대비를 얻을 수 있을 것으로 예상된다.

#### 감사의 글

본 연구는 2008년도 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] Cheng-Pu Chiu, Po-Wen Huang, and Shih-Kang Fan, SID Vol. 38, p.1466, 2007
- [3] Ryo Sakurai, Shingo Ohno, Shin-ichi Kita and Yoshitomo Masuda, SID Vol. 36, p.1922, 2006
- [4] Miyoung Kim, Sung Min Kim, Eun Mi Jo, Jung Hun Choi, Ji Hye Hwang, Anoop Kumar Srivastava, Myong-Hoon Lee and Seung Hee Lee, Proc. of the KIEEME Annual Spring Conference 2008, p.63, 2008