

수평 배향된 음의 액정에서의 CNT Stretching 관찰

강병균, 전은정, 임영진, 김미영, 이규¹, 이영희*, 이승희*
전북대학교, 성균관대학교*

Observation of CNT Stretching in homogeneously aligned nematic Liquid Crystal medium

Byeong Gyun Kang, Eun Jeong Jeon, Young Jin Lim, MiYoung Kim, Kyu Lee¹, Young Hee Lee*, Seung Hee Lee*
Chonbuk national Univ, Sungkyunkwan Uni*

Abstract : In this paper, we observed stretching of carbon nanotube (CNT) aggregates driven by the electric filed in a nematic liquid crystal (LC) medium. The CNT aggregates started to stretch above a threshold filed which is 1.5 V/ μ m and the original CNT length which is 1.7 μ m was stretching up to 19.2 μ m at 3.5 V/ μ m electric filed. When the CNT aggregates became to stretching, the width and length of CNT aggregates became narrow and long, respectively. The original morphology of the CNT aggregates was restored upon removal of filed.

Key Words : nematic LC, CNT, t-MWCNT, stretching.

1. 서 론

carbon nanotube (CNT)는 단일 소재로는 달성될 수 없는 뛰어난 전기적, 물리적, 열적, 광학적 성질을 갖는 다기능 나노 물질로서 그 중요성이 대두 되고 있다.[1] CNT는 큰 aspect ratio와 nanometer scale의 지름을 갖는 CNT 고유의 기하학적 구조에 때문에, FED (Field Emission Display)와 X-ray 전류원에서 다양하게 적용 될 수 있는 높은 전류를 방출하는 전자원으로 이용 되고 있고[2-3], 그밖에 해수를 담수화 하거나 석유나 물을 여과 시키는데 이용되어 지고 있으며[4-5] 최근에는, LED (Light Emitting Diode) BLU (Back Light Unit)을 대신할 차세대 BLU로써 CNT가 연구 되어 지고 있다. 또한, 반도체 CNT는 나노 트랜지스터와 높은 선택성을 갖는 가스 센서 제조에 이용되어 지고 있다.[6-7] 최근 이러한 CNT는 양의 액정 매개체에서 전기장의 방향을 따라서 스트레칭 되는것이 보고되었다.[8] 하지만 양의 액정에서는 큰 전기장에서 CNT 스트레칭이 관찰 되었다.

본 논문에서는 음의 액정을 이용한 수평 전기에서의 CNT 스트레칭을 연구 하였다.

2. 실험 및 결과

그림1은 실험에서 사용한 Thin-multi wall carbon nanotube (t-MWCNT)의 개략적인 모식도를 나타낸 것이다. 그림1 (a)는 t-MWCNT를 위에서 내려다 본 모습이며, 외경은 3-6 nm, 3-6개의 CNT가 중첩되어 있다. 그림1 (b)는 t-MWCNT를 옆에서 본 모습을 나타낸다. 실험에 사용된 t-MWCNTs는 FeMoMgO 촉매를 이용한 촉매화학 증기 증착법 (CCVD)을 이용하여 합성되며, 0.1 wt%의 액정, t-MWCNTs의 혼합물을 제조 하기위해, 250nm 크기로 절단된 100mg의 t-MWCNTs 파우더를 100mL의 DCE (dichloroethane)에 24시간동안 초음파 처리하여 분산시킨 후 15000rpm에서 30분 동안 원심분리를 하였다. 원심분리 후, 상층액만을 취하고 상층액 내에 함유된 CNT의 양을 측정 한 뒤 적정량의 상층액을 네마틱 액정 (유전율

이방성 $\Delta\epsilon=-4$, 굴절률 이방성 $\Delta n=0.077$, 회전 정도 $\gamma_1=136\text{mPa}\cdot\text{s}$)에 혼합 용해시킨 후, 10분 동안 초음파 처리한 뒤 DCE 용매를 회전 농축기를 이용하여 제거 하였다. 이렇게 얻어진 0.1wt%의 t-MWCNTs 용액을 10분간 추가로 초음파 처리 하였다.

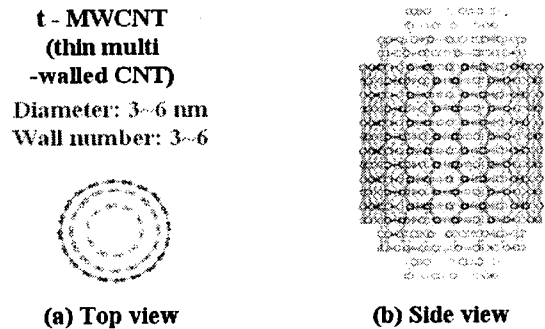
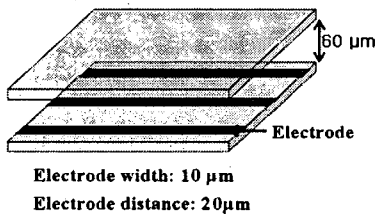


그림 2. t-MWCNTs의 개략적인 모식도.

그림2는 제작한 수평 셀의 구조와 전압인가 전과 후의 CNT 스트레칭의 그림을 나타낸다. 그림2 (a)에서 나타낸 것처럼, 수평 전기장에 의해 구동되는 cell은 전극이 한 개의 기판 위에만 존재하고, 전극의 폭은 10 μ m, 전극간 거리는 20 μ m이며, cell gap은 60 μ m이다. 액정을 수평배향시키기 위하여, AL16139 배향막을 ITO (Indium Tin Oxide)기판위에 코팅시켜 cell을 제작 하였다. 만들어진 IPS cell에 0.1 wt%의 CNT/액정 혼합물을 상온에서 모세관 현상을 이용하여 cell 내부에 주입하였으며, 셀의 전기-광학적 사진은 sine wave의 AC전류를 셀에 인가하면서 광학편광 현미경 (Nikon DXM1200)에서 관측 하였다. 초기의 액정 방향자는 전기장과 수직하게 배향 되어있고 액정 방향자는 전기장이 인가되어도 회전하지 않는다. 이렇게 하여 액정이 CNT 스트레칭에 미치는 영향을 최소화 하였다. 전기장이 존재 할 때, CNT는 그림 2(b)에 나타낸 것처럼 스트레칭 될 것으로 예상 되었으며, 전압의 세기를 달리하며 스트레칭을 관찰 하였다.

그림 3는 전기장에 따른 CNT 스트레칭 이미지를 나타낸다. 셀에는 전기장을 0~3.5 V/μm까지 인가하였으며 초기 0~1.0 V/μm까지 CNT는 스트레칭 없이 본래의 형태를 유지 하였다. 1.5 V/μm에서 CNT는 전기장의 방향으로 2.6μm까지 스트레칭 되기 시작 하였다. 3.5 V/μm에서는 본래 CNT 길이보다 수배나 긴 19.2μm까지 스트레칭 되었으며, 전기장을 지속적으로 인가하면 CNT의 스트레칭도 유지 되었다. 전기장을 제거한 후에 본래의 길이로 되돌아 왔으며, CNT가 스트레칭 되면 길이가 증가 하는 반면 폭은 줄어들었다.

(a) In-plane cell structure



(b) CNT stretching



그림 2. (a) 제작한 수평 셀의 구조 (b) 전압인가 전, 후의 CNT 스트레칭의 개략적인 그림.

3. 결론

본 연구에서는 음의 액정을 이용한 수평 전계에서의 CNT의 스트레칭을 관찰하였다. 관찰한 결과 종래의 양의 액정과는 달리 작은 전기장인 1.5 V/μm에서 스트레칭이 발생하였다. 전기장 인가 전 1.7μm의 크기를 갖는 CNT는

3.5 V/μm의 전기장 인가 후 19.2μm까지 증가 하는 것을 확인 하였다. 결과적으로 음의 액정에서는 양의 액정 보다 작은 1.5 V/μm에서 스트레칭 되기 시작 하였고, 이러한 결과로부터 CNT 가 양의 액정에서 보다 음의 액정에서 작은 전기장으로 스트레칭 된다는 것을 확인 할 수 있었다.

4. 감사의 글

이 논문은 교육과학기술부가 지원하는 STAR-faculty 프로젝트와 WCU (World Class University) 프로젝트의 지원에 의한 것입니다.

참고 문헌

- [1] Y. E. Lee, The Korean Physical Society, vol. 51(2) 84-144 (2005).
- [2] S. C. Lim, Y. C. Choi, H. J. Jeong, Y. M. Shin, K. H. An, D. J. Bae, Y. H. Lee, N. S. Lee, J. M. Kim, Adv. Mater. 2001, 13, 1563.
- [3] Q. H. Wang, A. A. Setlur, J. M. Lauerhass, J. Y. Dai, E. W. Seelig, Chang, R. P. H. Appl. Phys. Lett. 1998, 72, 2912..
- [4] Srivastava, A.; Srivastava, O. N.; Talapatra, S.; Vajtai, R.; Ajayan, P. M. Nat. Mater. 2004, 3, 610.
- [5] Service, R. F. Science 2006, 313, 1088.
- [6] Tans, S. J.; Verschueren, A. R. M.; Dekker, C. Nature 1998, 393, 49.
- [7] Kong, J.; Franklin, N. R.; Zhou, C.; Chapline, M. G.; Peng, S.; Cho, K.; Dai, H. Science 2000, 287, 622.
- [8] S. J. Jeong, K. A. Park, S. H. Jeong, H. J. Jeong, K. H. An, C. W. Nah, D. Pribat, S. H. Lee, and Y. H. Lee.

In-plane field (AC, 60Hz)

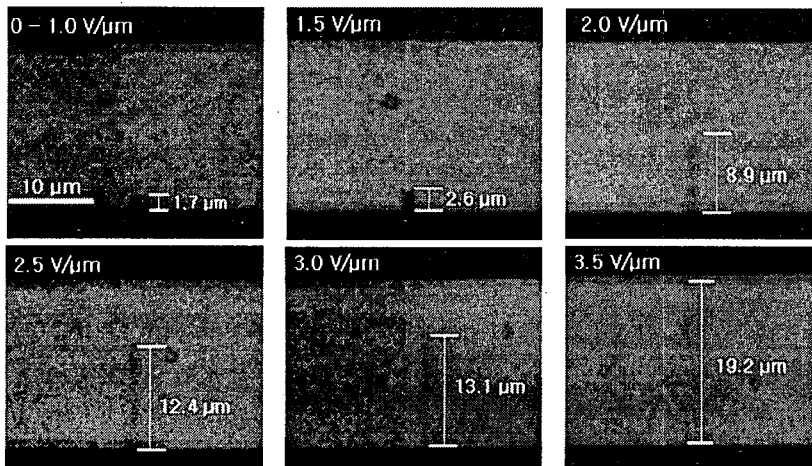


그림 4. 전기장에 따른 CNT 스트레칭 이미지.