

# TiO<sub>2</sub> 도입에 따른 ZnO 졸에서의 단일벽 탄소나노튜브의 분산안정성 및 그 투명전도성 필름의 고온 안정성

## Titania-assisted dispersion of carboxylated single-walled carbon nanotubes in ZnO sol for transparent conducting films with high thermal stability

김보경, 한중탁, 정희진, 정승열, 이건웅\*

Bo Gyeong Kim, Joong Tark Han, Hae Deuk Jeong, Hee Jin Jeong, Seung Yol Jeong, and Geon-Woong Lee

한국전기연구원 혁신소재연구센터

**Abstract :** We present facile chemical route stabilizing dispersion of carboxylated single-walled carbon nanotubes (SWCNTs) in ZnO sol prepared by using diethanolamine as a stabilizer. The dispersion was stabilized via capping of carboxyl groups on the SWCNT surface by a titania layer. We also demonstrated that the conductivity of the films prepared P3/TiO<sub>2</sub>/ZnO as enhanced by thermal treatment, and the thermal stability of the film improved hybridization with ZnO sol pristine P3, P3/SiO<sub>2</sub> and P3/TiO<sub>2</sub> hybrid films.

**Key Words :** Single-walled carbon nanotubes, TiO<sub>2</sub>, ZnO, dispersion

### 1. 서 론

용액상에서 콜로이드 상을 분산시키는 일은 실험적으로나 상용화 측면에서 매우 중요한 연구분야이다. 특히, 탄소나노튜브(CNT)의 용액 내 분산은 탄소나노튜브의 응용에 있어 필수적인 일이다. CNT의 분산은 주로 기능화를 시키거나 분산제를 사용하여 많은 연구가 진행되어 왔다. 최근에 무기산화물을 바인더물질로 사용하여 CNT 투명전도성 필름의 환경신뢰성을 향상시키는 연구가 진행되고 있는데, ZnO 졸의 경우 아민 그룹을 지니는 안정제를 사용하므로 카르복실기가 도입된 CNT의 분산 안정성이 확보되지 않는다. 본 연구에서는 이러한 분산안정성을 확보하고 이로부터 제조된 코팅막의 특성을 분석하였다.

### 2. 결과 및 토의

본 연구에서는 카르복실기가 도입된 단일벽 탄소나노튜브(P3-SWCNT)를 사용하였다. 이를 에탄올에 분산시키고 기 제조된 ZnO 졸을 첨가할 경우 SWCNT가 응집되면서 분산이 되지 않았다. 이를 해결하기 위해 카르복실기와 선택적으로 결합할 수 있는 TiO<sub>2</sub> 전구체인 티타늄 이소프로록사이드와 안정제는 아세틸 아세톤을 1:0.5 몰비로 첨가하였다. 그리고 ZnO 졸을 첨가한 경우 분산안정성을 확보할 수 있었다. 제조된 코팅액을 스프레이 코팅으로 유리기판에 도포하고 열처리 온도에 따른 광전기적 특성을 관찰하였다. 150도에서 가열할 경우 잔류하는 용매만이 제거되어 매우 높은 면저항 값을 나타냈으며 가열온도를 증가시킬 경우 급격히 면저항이 감소하였다. 특히, 350도까지 가열하더라도 면저항 증가를 보이지 않았다. P3-SWCNT의 경우 열 분석 결과에서 300도 이상에서 열화되어 면저항이 증가하는 것을 알 수 있으나 P3/TiO<sub>2</sub>/ZnO 하이브리드 필름은 우수한 내열 특성을 나타내었다. 이러한 결과는 표면 모폴로지로부터 설명할 수 있다. SiO<sub>2</sub>를 바인더로 사용할 경우는 SWCNT가 표면으로 드러나고 TiO<sub>2</sub>의 경우는 다공성 표면을 형성하여 열 산화에 취약한 반면, 본 연구에 의해 얻어진 필름은 SWCNT가 바인더로 잘 덮여 있고 기공이 형성되지 않았다. 따라서, TiO<sub>2</sub>를 사용함으로써 SWCNT의 ZnO 졸 내에서의 분산안정성을 확보함과 동시에 이로부터 형성된 박막의 고온 내열특성을 확보할 수 있었다. 아울러, 라만 스펙트럼 분석을 통해 400도 가열 시 면저항의 증가는 n-형 반도체인 ZnO에 의한 디도핑 현상으로 판단된다.

### 참고 문헌

- [1] W. Zhao, C. Song, P. E. Pehrsson, J. Am. Chem. Soc. Vol. 124, p.12418, 2002.
- [2] J. T. Han, S. Y. Kim, H. J. Jeong, S. Y. Jeong, G. -W. Lee, J. Phys. Chem. C Vol. 113, p. 16915, 2009.
- [3] T. Ozel, D. Abdula, E. Hwang, M. Shim, ACS Nano Vol. 3, p. 2217, 2009.
- [4] M. Ouyang, J.-L. Huang, C. L. Cheung, C. M. Lieber, Science Vol. 292, p. 702, 2001.

\* 교신저자) 이건웅, e-mail: gwleephd@keri.re.kr, Tel:055-280-1677  
주소: 경남 창원시 불모산길 70, 한국전기연구원