

표면장력과 열팽창계수 불일치가 단일벽 탄소나노튜브 필름의 전도성에 미치는 영향 연구

Effect of the top coating surface tension and thermal expansion matching on the electrical properties of single-walled carbon nanotube network films

김준석, 한중탁, 정희진, 정승열, 이건웅*

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

한국전기연구원 혁신소재연구센터

Abstract : We have characterized the previously undescribed parameters for engineering the electrical properties of single-walled carbon nanotube (SWCNT) films for technological applications. The surface tension of the top coating passivation material and matching coefficients of thermal expansion for the substrate and carbon nanotube network are two crucial parameters for the fabrication of reliable and highly conductive single-walled carbon nanotube network thin films.

Key Words : Single-walled carbon nanotubes, surface tension, thermal expansion coefficient mismatch, top coating, silane sol.

1. 서 론

단일벽 탄소나노튜브 (SWCNT)를 이용한 투명전도성 필름은 탄소나노튜브의 우수한 전기전도성과 유연성으로 인해 기존 디스플레이의 전극물질로 사용되어지는 인듐산화주석 (ITO)를 대체할 재료로서 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 단일벽 탄소나노튜브 필름의 전도도는 재료자체의 특성 뿐만 아니라 외부요인에 의해 크게 변화할 수 있다. 특히, 패시베이션을 위해 절연층을 코팅하거나 100도 이상의 온도에 노출될 경우 전도도가 변화할 수 있다. 본 연구에서는 SWCNT 투명전도성 필름의 응용에 있어 매우 중요한 패시베이션 물질의 표면장력에 따른 면저항 변화와 기질과 탄소나노튜브 필름의 열팽창계수의 불일치에 의한 나노튜브의 변형에 따른 전도도 변화에 대해 살펴보았다.

2. 결과 및 토의

첫째, 표면장력을 제어하기 위해 테트라오소실리케이트 (TEOS) 졸과 메틸트리메톡시실란 (MTMS) 졸을 사용하였다. 표면장력이 큰 TEOS 졸 (>170 mN/m)과 표면장력이 작은 MTMS 졸 (<30 mN/m)을 SWCNT 필름에 코팅할 경우 표면장력이 큰 TEOS 졸은 SWCNT 번들사이로 침투를 못시키고 오히려 네트워크 구조를 더욱 치밀하게 만들어 면저항을 감소시킨다. 이에 반해 MTMS 졸은 소수성인 SWCNT 표면과 친화력이 있어 네트워크 사이로 침투함으로써 junction 저항을 증가시켜 필름의 면저항을 크게 증가시킨다. 둘째, 폴리에틸렌 테레프탈레이트 (PET) 필름에 형성된 SWCNT 필름을 130도에서 1시간 가열 후 상온을 냉각시킬 경우 면저항이 20%정도 상승하는 결과를 얻었다. 라만스펙트럼 분석 결과 이러한 현상은 상대적으로 SWCNT보다 열팽창 계수가 큰 유연기판과 SWCNT 필름간의 열팽창계수 불일치에 따라 수축력이 작용하여 SWCNT에 변형이 일어남에 따른 것으로 판단 된다. 열팽창 계수가 작은 유연기판에 하드코팅을 하는 경우와 유리기판을 사용하는 경우 고온 테스트 결과 SWCNT 필름의 면저항이 변화하지 않았다. 따라서, SWCNT 투명전도성 필름의 응용에 있어 물질간의 표면장력과 기질의 열팽창계수를 고려하여야 한다.

참고 문헌

- [1] Z. C. Wu, Z. Chen, X. Du, J. M. Logan, J. Sippel, M. Nikolou, K. Kamaras, J. R. Reynolds, D. B. Tanner, A. F. Hebard, A. G. Rinzler, Science Vol. 305, p. 1273, 2004.
- [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.

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