

탄소나노튜브 및 은으로 제작된 신축성 전도성 필름 Stretchable Conductive films composed of carbon nanotubes and silver

전경용¹, 오영석², 노종현³, 안종현^{2,3}, 김영진^{1,2}, 최혁렬^{1,*}, #백승현^{1,2,4}

K. Y. Chun¹, Y. Oh², J. Rho³, J. H. Ahn^{2,3},

Y. J. Kim^{1,2}, H. R. Choi^{1,*}, #S. Baik(sbaik@me.skku.ac.kr)^{1,2,4}

¹성균관대학교 기계공학과, ²SKKU Advanced Institute of Nanotechnology (SAINT),

³성균관대학교 신소재공학과, ⁴성균관대학교 에너지과학과

Key words : Carbon Nanotubes, Stretchability, conductivity, Ag flake

1. 서론

신축성과 유연성을 갖는 전도성 필름은 다양한 전자소자^{1,2}, 센서^{3,4}, 구동장치⁵, 스피커⁶ 등에 응용이 가능하다. 신축성 전자기기 개발은 재료과학 및 공학 분야에서 흥미로운 도전과제 중 하나이며, 신축성 기판위에 전자소자들이 형성되었다⁷⁻¹³.

본 연구에서는 마이크로 크기의 Ag flake와, Ag 나노입자가 표면에 증착된 다중벽 탄소나노튜브(Multi-wall Carbon Nanotube: MWNTs)로 구성되는 높은 전기전도성을 가지는 프린트 가능한 신축성 하이브리드 복합체를 제조하였다¹⁴. 1차원의 CNT는 Ag flake 사이에서 효과적인 전기적 network를 형성하며, 따라서 유연성과 전도성을 가지는 기본 구조의 역할을 한다¹⁴.

2. 실험 및 결과

페닐고리를 가지는 은 나노입자들은 자기조립 방법으로 합성되었으며, CNT와의 $\pi-\pi$ 상호작용으로 인하여 Ag 나노입자가 표면에 증착된 다중벽 탄소나노튜브가 형성되었다^{15,16}. 다음 단계에서는 이온성 액체 및 폴리머와 혼합되었다¹⁴. Drop casting 방식으로 필름을 형성한 후 건조과정을 거쳐 160 °C에서 경화하여 최종적으로 하이브리드 Ag-MWNT 필름을 얻었다¹⁴.

Hot-rolling 방식으로 형성된 위 필름의 최대 전도도는 0% strain에서 5,710 S/cm이며, 140% strain에서 20 S/cm를 나타냈다¹⁴. 이는 ~50% strain까지는 타 논문에서 보고된 최고 수준보다 최소 십배 이상 큰 값이며, 140% strain까지는 다른 프린트 가능한 복합체보다 높은 값이다.

3. 결론

본 실험에서는 Ag flake와 Ag 나노입자가 조립된 탄소나노튜브가 혼합된, 전도성을 가지는 신축성 필름을 제작할 수 있었다. 상기 필름은 0% strain에서 5,710 S/cm의 전도도를 보이며, 필름이 파괴되는 140% strain에서 20 S/cm를 나타냈다¹⁴. 따라서 인장 시 높은 전도도를 보이는 전도성 신축성 필름은 다양한 전자기술 분야에 응용이 가능할 것이다.

후기

본 연구는 한국연구재단을 통해 교육과학기술부의 기초과학연구사업(grant no. 2009-0090017) 및 21세기프론티어연구개발사업인 나노메카트로닉스기술개발사업(grant no. 2009K000160)과 세계수준의 연구중심대학육성사업(WCU)(grant no. R31-2008-000-10029-0)으로부터 지원받아 수행되었습니다.

참고문헌

1. Sekitani, T., Noguchi, Y., Hata, K., Fukushima, T., Aida, T., and Someya Takao., "A Rubberlike Stretchable Active Matrix using Elastic Conductors," *Science*, **321**, 1468-1472, 2008.
2. Kim, K. S., Zhao, Y., Jang, H., Lee, S. Y., Kim, J. M., Kim, K. S., Ahn J. H., Kim, P., Choi, J.-Y., and Hong, B. H., "Large-scale Pattern Growth of Graphene Films for Stretchable Transparent Electrodes," *Nature*, **457**, 706-710, 2009.
3. Someya, T., Sekitani T., Iba, S., Kato, Y., Kawaguchi, H., and Sakurai, T., "A large-area, Flexible Pressure Sensor Matrix with Organic Field-effect Transistors

- for Artificial Skin Applications,” Proc. Natl Acad. Sci. USA, **101**, 9966–9970, 2004.
4. Lee, B. Y., Heo, K., Bak, J. H., Cho, S. U., Moon, S., Park, Y. D. and Hong, S., “Scalable Assembly Method of Vertically-suspended and Stretched Carbon Nanotube Network Devices for Nanoscale Electro-mechanical Sensing Components,” Nano Lett, **8**, 4483–4487, 2008.
 5. Sekitani, T., Takamiya, M., Noguchi, Y., Nakano, S., Kato, Y., Sakurai, T. and Someya, T., “A Large-area Wireless Power-transmission Sheet using Printed Organic Transistors and Plastic MEMS Switches,” Nature Mater, **6**, 413–417, 2007.
 6. Xiao, L., Chen, Zhuo., Feng, C., Liu, L., Bai, Z-Q., Wang, Y., Qian, L., Zhang, Y., Li, Q., Jiang K. and Fan, S., “Flexible, Stretchable, Transparent Carbon Nanotube Thin Film Loudspeakers,” Nano Lett, **8**, 4539–4545, 2008.
 7. Rogers, J. A., “Toward Paperlike Displays” Science, **291**, 1502, 2001.
 8. Service, R. F., “Printable Electronics That Stick Around” Science, **304**, 675, 2004.
 9. Hamedi, M., Forchheimer, R., Inganäs, O., “Towards Woven Logic from Organic Electronic Fibres,” Nat. Mater, **6**, 357, 2007.
 10. Lacour, S. P., Jone, J. s, Wagner, S., Li, T. and Suo Z. G., “Stretchable Interconnects for Elastic Electronic Surfaces”, Proc. IEEE, **93**, 1459-1467, 2005.
 11. Khang, D-Y., Jiang, H., Huang, Y. and Rogers, J. A., “A Stretchable Form of Single-Crystal Silicon for High-Performance Electronics on Rubber Substrates”, Science, **311**, 208-212, 2006.
 12. Sun, Y., Choi, W. M., Jiang, H., Huang, Y. Y. and Rogers, J. A., “Controlled Buckling of Semiconductor Nanoribbons for Stretchable Electronics”, Nature Nanotechnology, **1**, 201-207, 2006.
 13. Kim, D-H., Ahn, J-H., Choi, W. M., Kim, H-S., Kim, T-H., Song, J., Huang, Y. Y., Liu Z., Lu C. and John A. Rogers, “Stretchable and Foldable Silicon Integrated Circuits”, Science, **320**, 507-511, 2008.
 14. Chun, K. Y., Oh, Y., Rho J., Ahn, J.H., Kim, Y., Choi, H. R. and Baik, S., “Highly Conductive, Printable and Stretchable Composite Films of Carbon Nanotubes and Silver”, Nature Nanotechnology, **5(12)**, 853-857, 2010
 15. Yang, D-Q., Hennequin, B. and Sacher, E., “XPS Demonstration of p-p Interaction between Benzyl Mercaptan and Multiwalled Carbon Nanotubes and Their Use in The Adhesion of Pt Nanoparticles,” Chem. Mater, **18**, 5033–5038, 2006.
 16. Oh, Y., Chun, K-Y., Lee, E., Kim, Y. J. and Baik, S. “Nano-silver Particles Assembled on One-dimensional Nanotube Scaffolds for Highly Conductive Printable Silver/Epoxy Composites,” J. Mater. Chem, **20**, 3579–3582, 2010.