

## 대기압 플라즈마를 이용한 탄소나노소재의 표면처리

### Surface Treatments of Carbon Nanomaterials using Atmospheric Pressure Plasma

이병주, 정구환\*

강원대학교 나노응용공학과 (E-mail:ghjeong@kangwon.ac.kr),

**초 록:** 그래핀과 탄소나노튜브와 같은 탄소나노재료는 우수한 물성으로 인하여 다양한 분야에 응용이 가능할 것으로 예측되고 있으며, 더욱이 이러한 특성은 구조변형, 화학적 도핑뿐만 아니라 표면처리를 통해서 제어가 가능하다고 알려져 있다. 본 연구에서는 기존의 진공 공정이 아닌 상온 상압 환경에서 그래핀과 탄소나노튜브를 효율적으로 표면 처리하기 위하여 대기압 플라즈마장치를 제작하였고, 질소플라즈마를 이용하여 그래핀과 탄소나노튜브의 표면을 처리하였다. 대표적인 결과로는 소수성이었던 그래핀 및 탄소나노튜브의 표면을 친수성으로 개질하였으며, 플라즈마 처리에 의한 결함을 최소화시킬 수 있는 최적의 표면처리 조건을 도출하였다.

#### 1. 서론

저차원 탄소나노재료인 그래핀과 탄소나노튜브는 기계적 강도가 우수하고, 열적, 화학적으로 안정하며 높은 전기전도성을 갖는 것으로 알려져 있어 전자소자, 에너지 저장매체, 투명, 전도막, 복합재료 등 매우 다양한 분야에 응용 가능할 것으로 예측되고 있으며, 현재 많은 연구들이 진행되고 있다. 더욱이 탄소나노재료의 특성은 구조의 변형, 화학적 도핑뿐만 아니라 표면처리를 통해 제어하는 것이 가능하다고 알려져 있어 이를 위해 고온 열처리 등의 방법으로 특성을 제어하려는 노력들이 있었다. 그러나 고온열처리의 경우 장시간의 고온공정이 요구되는 문제가 제기되었고, 이를 극복하고자 최근에는 상온에서 플라즈마를 이용하여 단시간의 공정으로 탄소나노재료를 표면 처리하는 방법이 제시되었다[1]. 하지만 이러한 장점에도 불구하고 플라즈마는 일반적으로 대기압에서는 전자의 평균자유행로가 짧아 진공에서의 방전과 유지가 용이하기 때문에 고진공을 위한 챔버와 진공 펌프가 요구된다. 이로 인해 샘플의 연속적인 공정과 대면적의 처리가 어려운 단점이 있다 [2]. 이를 극복하기 위해서는 대기압에서 플라즈마를 안정적으로 방전하고 유지할 수 있는 기술이 요구되는 실정이다.

#### 2. 본론

본 연구에서는 대기압에서 플라즈마를 안정적으로 방전 및 유지 할 수 있는 플라즈마 장치를 제작하고, 이를 이용하여 그래핀과 탄소나노튜브 중심의 탄소나노재료를 표면 처리함으로써 그 특성을 제어하였다. 그래핀과 탄소나노튜브는 전이금속 촉매가 증착된 산화막 실리콘 웨이퍼위에 열화학기상증착장치(thermal chemical vapor deposition; TCVD)를 이용하여 합성하였다. 탄소원료가스로는 아세틸렌과( $C_2H_2$ ), 메탄올( $CH_4$ ) 사용하였으며, 합성온도는 각각  $750^{\circ}C$ 와  $1000^{\circ}C$ 였다. 플라즈마 처리를 위하여 그래핀과 탄소나노튜브는 합성 직후의 샘플을 사용하거나 각각 다양한 기판으로 전사 및 스프레이 증착하여 샘플을 제작하였다. 대기압 플라즈마 장치의 경우 고전압 교류 전원 장치를 이용하여 토치타입 또는 유전체 장벽 방전타입으로 제작하였다. 플라즈마는 아르곤과 질소가스를 시용하여 방전하고, 기판과의 거리 및 가스의 유량을 변수로 탄소나노재료를 표면 처리하였다. 표면처리 전후 탄소나노재료의 분석은 광학현미경, 접촉각측정기, 적외선 분광기, Raman 분광기, 4탐침측정기 등을 이용하였다.

#### 3. 결론

질소 플라즈마 처리 후 소수성이었던 그래핀과 탄소나노튜브의 표면이 친수성으로 변화되는 것을 확인하였다. 또한 Raman 분석을 통하여 대기압 플라즈마의 처리조건에 따른 탄소나노재료의 구조적 결함 발생(Strucutral damage) 정도를 정량화시킬 수 있었으며, 최적의 처리조건을 이용하여 그래핀과 탄소나노튜브의 화학적 도핑이 가능함을 확인하였다.

#### 참고문헌

1. B. J. Lee and G. H. Jeong, Vacuum, 87 (2013) 200.
2. M. A. Liberman and A. J. Lichtenberg, Principles of Discharges and Materials Processing, Wiley (2005).