

Ion Mass Deposition System에 의한 전처리가 탄소나노튜브 성장에 미치는 영향 (Effects of pretreatment by Ion mass deposition system in the growth of carbon nanotubes)

서울대학교 재료공학부 최통령, 임혁, 김병동, 주승기

Carbon nanotube는 graphite 결함을 하고 있는 탄소 원자들로 이루어진 sheet가 원통 형태로 말려서 이루어진 carbon phase의 하나로 독특한 전기적, 기계적 성질 때문에 최근 활발한 연구가 이루어지고 있는 물질이다. 이러한 carbon nanotube를 증착하는 방법에는 크게 Arc-discharge, laser ablation, CVD의 3가지 방법이 있다. 이 중 CVD에 의한 방법이 대량생산에 적합하고, 불순물도 적게 발생하기 때문에 CVD에 의한 증착 방법이 활발히 연구되고 있다. 이러한 CVD 방법을 이용해 탄소나노튜브를 증착할 경우 여러 가지 공정 변수에 따라 그 형상이 달라지는데 전처리 공정은 튜브의 성장에 매우 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다.

Ion Mass Deposition Sytem(이하 IMDS)는 원래 대면적 poly-Si TFT 제조 공정에서 Ion Shower에 의한 Doping에 사용되는 장치로 Ion을 주입하거나 표면에 Damage를 주는데 사용하는 장치이다. 이러한 IMDS 장치를 CVD 방법에 의한 탄소나노튜브 증착에 있어서 전처리로 사용할 경우 stress가 탄소나노튜브 성장에 어떤 영향을 주는지 알려주는 흥미로운 결과를 발견할 수 있었다.

CVD 방법에 의해 Carbon nanotube를 합성할 경우 IMDS에 의한 전처리의 경우 플라즈마 power 와 처리 시간 및 DC bias의 크기에 따라 nanotube에 종합적으로 영향을 주는 것으로 나타났다. 플라즈마의 power와 시간이 증가함에 따라 carbon nanotubes의 지름과 밀도가 증가하였다. 이것은 플라즈마의 power가 증가할수록 생성되는 ion이나 active species가 많아지고, 그에 따라서 DC bias에 의해 가속되어 Ni막에 damage를 주는 정도 또한 증가하기 때문이다. 시간이 증가하는 경우도 마찬가지로 생각할 수 있다.

IMDS의 플라즈마 하부에서 가하는 DC bias의 크기가 증가하는 경우에도 같은 경향을 보였으나 이러한 경향에는 한계가 있음을 할 수 있었다. 즉 DC bias의 크기가 3kV까지는 나노튜브의 지름과 밀도가 증가하다가 그 이후에는 오히려 감소하는 경향을 보였다. 이것은 damage가 증가함에 따라 Ni 박막에 걸리는 stress가 증가하고 이 stress가 증가함에 따라 나노튜브의 지름과 밀도가 증가하지만, Ni 박막에 지나친 damage가 가해지면 stress로 인해 오히려 나노튜브의 성장에 방해가 된다는 사실을 말해주는 것이다.

이러한 현상을 뒷받침할 증거가 다른 실험결과에서도 보인다. IMD 처리를 하지 않은 한 개의 시편을 보면 보다 많은 경우에 동일한 조건에서는 Ni 박막의 가운데 부분보다 막의 경계부분에서 더 잘 자라는 것을 알 수 있었다. 그 이유는 박막을 증착할 때 박막에 존재하게 되는 stress가 경계부분에서 가장 크기 때문이다.[1] 이러한 현상이 플라즈마의 power나 시간, DC bias의 크기의 증가에 따라 지속적으로 나타나지만, 한계를 넘으면 그러한 경향이 역전된다. IMD 처리를 과도하게 할 경우 Ni막에 stress가 전체적으로 증가함으로 인해서 경계부분에는 과도한 stress가 생기고, 그 때문에 오히려 경계보다 박막 내부에서 나노튜브가 더 잘 자라게 되는 것이다.

참고 문헌

1. I.C. Noyan, Appl. Phys. Lett. 72, 25 (1998)