

CO₂ 클러스터 표면 처리를 이용한 그래핀 특성 향상에 관한 연구

최후미¹, 김장아¹, 조유진², 황태현², 이종우³, 김태성^{1,2*}

¹성균관대학교 나노과학기술협동학부, ²성균관대학교 기계공학부, ³(주)제우스

그래핀은 높은 전자 이동도, 열전도도, 기계적 강도, 유연성 등의 고유한 특성으로 다양한 분야에 응용하기 위한 연구가 수행되고 있으며, 특히 전자 소자에의 적용에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 전자 소자에 적용하기 위해서는 성장 및 물성에 관한 규명, 응용 소자에 따른 특성 평가가 필요하다. 이러한 소자 특성은 그래핀 물성에 의한 영향이 기본적인데 에칭, 전사 등의 공정 중 발생하는 오염, 표면 특성, 잔여물 등에 의한 물성 변화 또한 분석 및 제어에 관한 연구가 필요하다. 열화학증착법(thermal chemical vapor deposition)을 이용한 그래핀 합성은 구리 기판을 사용하며, 합성된 그래핀의 에칭, 박리 및 전사 공정이 있다. 이러한 공정 중 발생하는 오염 입자가 그래핀 표면에 흡착되거나, 제거되지 않은 PMMA 잔여물이 그래핀의 특성에 영향을 미치게 된다. 따라서 본 연구에서는 CO₂ 클러스터의 표면 충돌을 이용하여 이러한 오염 물질 및 잔여물을 제거하고 그래핀 표면을 평탄화하는 것에 관한 연구를 수행하였다. 가스 클러스터란 작동기체의 분자가 수십에서 수백 개 뭉쳐 있는 형태를 뜻하며 이렇게 형성된 클러스터는 수 nm 크기를 형성하게 된다. 그리고 짧은 시간의 응축에 의해 수십 nm 크기 까지 성장 하게 된다. 클러스터를 이용한 표면 처리는 충돌에 의한 제거에 기반 한다. 따라서 생성 및 가속되는 클러스터로부터 대상으로 전달되는 운동량의 정도가 세정 특성에 영향을 미치며 이는 생성되는 클러스터의 크기에 종속적이다. 생성 클러스터의 크기 분포는 분사 거리, 유량, 분사 각도, 노즐 냉각 온도 등의 변수에 관한 함수이다. 본 연구에서는 이러한 변수들을 제어하여 클러스터를 이용한 그래핀 표면 처리 실험을 수행하였다. 평가는 클러스터 표면 처리 전과 후의 특성 비교에 기반 하였으며, 광학 현미경을 이용한 표면 형상 측정, 라만 분광 분석, AFM을 이용한 표면 조도 측정, 그래핀 면저항 측정 결과를 비교하였다. 평가 결과를 통하여 표면 처리를 하지 않은 그래핀에 비하여 면저항과 표면 조도가 낮아지는 것을 확인할 수 있었다. 또한 클러스터 세정은 300 mm 웨이퍼 크기 이상의 대면적을 짧은 시간에 건식으로 세정할 수 있다는 장점이 있어 향후 최적화를 통해 그래핀 양산 시 특성 향상을 위한 후처리 방법으로 사용될 수 있음을 확인하였다.

Keywords: CO₂ 클러스터, 그래핀, 그래핀 표면처리