

Synthesis of High-Quality Monolayer Graphene on Copper foil by Chemical Vapor Deposition

이수일, 김유석, 송우석, 조주미, 김성환, 박종윤

성균관대학교 물리학과, BK21 물리연구단, 성균관대학교, 수원

그래핀(Graphene)은 2차원 평면구조의 sp^2 탄소 결합으로 이루어진 물질이다. 일반적으로 그래핀은 탄소 원자 한층 정도의 얇은 두께를 가지면서 강철의 100배 이상 높은 강도, 다이아몬드보다 2배 이상 뛰어난 열 전도성, 그리고 규소보다 100배 이상 빠른 전자이동도 등의 매우 우수한 특성을 지닌다. 그래핀을 합성하거나 얻는 방법에는, 기계적 박리법(Micro mechanical exfoliation), 산화흑연(graphite oxide)을 이용한 reduced graphene oxide(RGO)방법과 탄화 규소(SiC)를 이용한 epitaxial growth 방법 등이 있지만, 대 면적화가 어렵거나 구조적 결함이 큰 문제점이 있다. 반면, 탄화수소(hydrocarbon)를 탄소 공급원으로 하는 열화학 기상 증착법(Thermal chemical vapor deposition, TCVD)은 구조적 결함이 상대적으로 적으면서 대 면적화가 가능하다는 이점 때문에 최근 가장 많이 이용되고 있는 방법이다. TCVD를 이용, 니켈, 몰리브덴, 금, 코발트 등의 금속에서 그래핀 합성연구가 보고되었지만, 대부분 수 층(fewlayer)의 그래핀이 합성되었다. 하지만, 구리 촉매를 이용하는 것이 단층 그래핀 합성에 매우 효율적이라는 연구결과가 보고되었다. 구리의 경우, 낮은 탄소용해도(solubility of carbon) 때문에 표면에서 self limiting 과정을 통하여 단층 그래핀이 합성된다. 그러나 단층 그래핀 일지라도 면저항(sheet resistance)이 매우 높고, 이론적 계산값에 비해 전자이동도(electron mobility)가 낮게 측정된다. 이러한 원인은 구조적 결함에서 기인된 것으로써 산업으로의 응용을 어렵게 만들기 때문에 양질의 단층 그래핀 합성연구는 필수적이다[1,2]. 본 연구에서는 TCVD를 이용하여 구리 포일(25 μ m, Alfa Aesar) 위에 메탄가스를 탄소공급원으로 하여 수소를 함께 주입하고, 메탄가스의 양과 합성시간, 열처리 시간을 조절하면서 균일한 단층 그래핀을 합성하였다. 합성된 그래핀을 SiO_2 (300 nm)기판위에 전사(transfer)후 라만 분광법(raman spectroscopy)과 광학 현미경(optical microscope)을 통하여 분석하였다. 그 결과, 열처리 시간이 증가할수록 촉매로 사용된 구리 포일의 grain size가 커짐을 확인하였으며, 구리 포일 위에 합성된 그래핀의 grain size는, 구리 포일의 grain size에 의존하여 커짐을 확인하였다. 또한 동일한 grain 내의 그래핀은 균일한 층으로 합성되었다. 이는 기계적 박리법, RGO 방법, epitaxial growth 방법으로 얻은 그래핀과 비교하여 매우 뛰어난 결정성을 지니고 확인되었다. 본 연구를 통하여 면적이 넓으면서도 결정성이 매우 뛰어난 양질의 단층 그래핀 합성 방법을 확립하였다.

참고문헌

1. A.K. GEIM et al, "The rise of graphene" Nature Mater, 6, 183-191 (2007)
2. Xuesong Li et al, "Large-area synthesis of high-quality and uniform graphene films on copper foils" Science, 324, 1312 -1314 (2009)

Keywords: 단층그래핀, high-quality, TCVD