

질소 플라즈마를 이용한 CVD-그래핀의 n형 도핑 연구

이지아^{a,b*}, 임영대^c, 김민우^a, 유원중^{a,b}

^aSKKU Advanced Institute of Nano-Technology(SAINT), ^b
Samsung-SKKU Graphene Center(SSGC), ^c삼성전자 반도체 연구소
(E-mail: jiah88@skku.edu)

초록

그래핀은 2차원 물질로서 전기적, 열적으로 독특한 성질로 인해 주목받고 있으며, 전 세계적으로 많은 연구가 진행되었다. 그러나 그래핀은 밴드갭이 없을 뿐 아니라 2차원물질로서 표면에 화학적 도핑하는 기술이 정립되지 않아 인해 전기적 소자에 적용하기 어려운 문제가 있었다. 본 연구에서는 질소 유도 결합 플라즈마를 이용하여 대면적의 그래핀을 n형 도핑시키는 연구를 진행하였다. 또한 CVD-그래핀에서의 도핑 메커니즘을 규명하기 위해, AFM, Raman, XPS 에 의한 화학적 분석을 시도하였다. 뿐만 아니라 메탄(CH₄) 플라즈마를 이용하여 CVD-그래핀의 결합을 탄소로 채워서 결합밀도를 감소시키는 연구도 수행하였다.

본문

그래핀은 탄소가 육각형 구조를 이루는 2차원의 평면 구조 물질이다. 그래핀은 얇고 잘 휘어지고, 투명하며, 전기전도성이 좋다. 뿐만 아니라 안정하며, 실리콘에 비해 100배 이상의 전하이동도를 가지는 장점이 있어 차세대 물질로 큰 주목을 받고 있다. 그러나 그래핀은 밴드갭이 없는 문제로 인해, 전기적 소자를 만들기 어렵다는 단점이 있었다. 본 연구에서는 저밀도의 질소 유도 결합 플라즈마를 이용하여 CVD-그래핀을 n형 도핑 시키고자 하였다. 플라즈마는 간편하고 대면적 처리가 가능하며, 질소 가스를 사용하여 환경 친화적인 장점을 가지고 있다. 질소 플라즈마의 시간에 따른 결과로부터, CVD-그래핀이 플라즈마 에너지로 인해 점차적으로 에칭되는 것을 확인 할 수 있었다. Atomic force spectroscopy - Raman spectroscopy 의 동위치 미세분석 (AFM-Raman nano-scale mapping) 결과, CVD-그래핀의 결합이 있는 부분에서 집중적으로 에칭 및 도핑이 일어나는 것을 알 수 있었다. 또한 XPS 결과 처음에는 pyridinic한 형태로 질소 원자가 그래핀에 도핑이 되다가 점차적으로 파괴된 형태인 pyrrolic한 모양으로 진행되는 것을 알 수 있었다. 이 또한 CVD-그래핀이 탄소 원자와의 완전 치환된 도핑이라기보다는 결합 부분에서 결합하여 도핑이 진행되는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과를 바탕으로, 질소 플라즈마 처리 후 메탄 플라즈마를 통해 부족한 탄소 원자를 공급하고자 하였다. 그 결과 완전 치환된 구조인 graphitic한 모양의 질소 원자가 도핑되는 것을 확인할 수 있었다. 즉, 메탄의 탄소 원자가 CVD-그래핀의 결합을 채우며 전체적인 탄소 함량이 증가하는 것을 확인 할 수 있었다.

결론

AFM-Raman nano-scale mapping 측정 결과, 플라즈마 에너지로 인해 플라즈마 처리를 하면 할수록 CVD-그래핀의 roughness가 감소하는 것을 알 수 있었다. 또한 XPS 결과를 통해서 그래핀의 결합 부분에서 집중적으로 도핑이 진행되며, 발전해나가는 것을 확인할 수 있었다. 질소 원자가 pyrrolic, pyridinic and graphitic 한 세가지 형태로 CVD-그래핀과 결합하여 도핑이 되는 것을 확인할 수 있었다. 또한 추가적인 메탄 플라즈마 처리를 통해 질소 원자가 완전 치환된 구조의 n형 그래핀 도핑을 이룰 수 있었다.

참고문헌

1. Ying Wang, Nano Lett., 9, 5, (2010), 1790-1798
2. Geim, A. K., Science 324, 5934, (2009), 1530-1534
3. Shao, Y. Y., Appl. Catal. B, 79, (2008), 89-99
4. Sumpter, B. G, ACS Nano, 1, (2007), 369-375