

Controls of Graphene work function by using the chemical and plasma treatment

이승환^{a*}, 최민섭^a, 임영대^a, 라창호^a, 문인용^b, 유원중^{a,b,c}

^{a*}성균관대학교 나노과학기술학과, ^b성균관대학교 나노소재기반휴먼인터페이스 융합연구센터, ^c성균관대학교 기계공학부

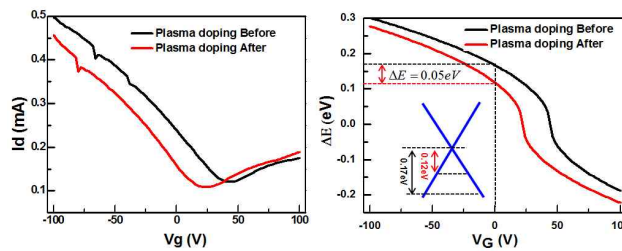
초 록: 본 연구에서는 화학적 도핑 방법 및 플라즈마 표면 처리방법을 이용하여 그래핀 내 Electron & Hole carrier 들의 농도를 변화시켜, 전계효과에 따른 Graphene Field Effect Transistors (GFETs) 소자의 전기적 특성 변화를 확인 하였으며, 전기적 특성 결과 중에 Dirac-point (DP) 이동에 따른 그래핀 E_F (Fermi-energy) level 변화를 계산 및 유추 하였으며, Ultraviolet Photoelectron Spectroscopy (UPS)를 이용하여 실제적으로 He 소스 광전자를 그래핀 샘플 표면에 입사하여 나오는 전자들의 Kinetic Energy(E_k) 결과를 이용하여 Work function (WF) 변화를 확인 및 검증하였다.

1. 서론

기존 Silicon 기반 반도체의 기술적 Scaling down 한계에 임박함에 따라 이를 극복하기 위한 다양한 차세대 전자재료물질 연구가 활발하게 진행되고 있다. 그 중에서도, 그래핀은 탁월한 물리적, 전기적 특성을 갖고 있어 현재 사용되는 고가의 물질들을 대체 할 수 있는 꿈의 신소재로 부각되고 있으며, 다양한 전자소재 재료로 적용하기 위하여 n-type 및 p-type 도핑연구가 이슈가 되고 있다.

2. 본론

본 연구에서는 Thermal Chemical Vapor Deposition (CVD) 방법으로 합성된 그래핀을 화학적 방법 및 플라즈마 처리를 이용하여 WF를 조절했다. 즉, 화학적 방법 및 플라즈마 표면 처리 공정을 이용하여 그래핀의 Main Carrier Density (MCD)를 조절하여, n-type 및 p-type으로 도핑된 GFETs 소자의 전기적 특성을 확인하였다. 공정 전, 후에 따른 전기적 소자 특성 결과 중에 DP 이동에 따라 변화된 그래핀 E_F level의 변화를 다음 Fig.1.에 있는 식을 가지고 유추 할 수 있었다. [1] 이상적인 그래핀 디랙 포인트 위치가 0 V_g라고 가정했을 경우 (E_F 위치 중간), 플라즈마 처리전인 Pristine CVD 그래핀은 Transfer 공정으로 발생하는 PMMA & Resist residue, Defect 및 산화로 인하여 다량의 홀 carrier가 발생하였고, 그로 인한 +V_g 방향으로 약 49V정도 이동하였고, E_F 위치 중간기준에서 아래쪽으로 0.17eV 차이만큼 이동하였다. 플라즈마 처리 후엔 그래핀 표면과 반응하여 Carrier 이동을 방해하고 막는 Trapp장소로 역할을 하는 PMMA & Resist residue가 플라즈마 표면 처리에 따라 Cleaning되고, 플라즈마 내 발생하는 Photone들이 그래핀에 에너지를 전달하여 새로운 E/H pair를 생성 시켜 마치 n-type 도핑 효과처럼 디랙포인트를 약 25V정도 이동 시켰으며, 도핑전 E_F level 기준으로 홀 carrier가 감소한 0.05eV 차이만큼 위쪽으로 이동하였다.[2]



$$\Delta E = \hbar \cdot v_F \cdot \sqrt{\pi \cdot \delta} |V_G - V_{Dirac}|$$

Fig.1. 플라즈마 처리 전, 후 GFETs 전기적 특성 그래프와 디랙포인트 이동에 따른 EF변화 그래프 및 수식.

3. 결론

차세대 물질로 각광받고 있는 그래핀을 화학적 도핑 방법 및 플라즈마 표면 처리 방법을 이용하여 Work Function 변화를 조절하였다. 특히, Si Back gate 소자로 제작하여 전계효과에 따른 n-type & p-type 으로 도핑된 전기적 특성 변화 및 Fermi-energy level 변화를 계산하였으며, 마지막으로 UPS 측정방법을 통하여 실제적인 공정 전, 후 그래핀 Work Function 변화를 확인 및 검증하였다. 특히, 화학적 도핑 방법보다 플라즈마를 이용한 표면 처리 도핑 방법이 대면적, 효율적인 공정 및 균일한 그래핀 도핑 공정에 적합하고 가능성을 실험적으로 확인 및 증명 할 수 있었다. 이 결과를 통하여 앞으로 그래핀의 차세대 전자재료로 사용되는 날을 앞당길 수 있을 꺼라 확신한다.

참고문헌

1. Feng Wang, Science, 320(2008),206 .
 2. Young Dae Lim, ACS Nano,(2012)