

## 그래핀-금속 접촉 저항을 줄이기 위한 SiO<sub>2</sub> 기판 플라즈마 처리의 최적화 연구

### Study on Finding Optimum Condition of Plasma Treatment on SiO<sub>2</sub> Substrates to Reduce Contact Resistance at Graphene-Metal Interface

강사량<sup>a\*</sup>, 라창호<sup>a</sup>, 이대영<sup>a</sup>, 유원종<sup>a</sup>

<sup>a</sup>성균관대학교 나노과학기술학과 (E-mail : sarang0418@skku.edu)

**초 록:** 그래핀과 금속 결합에서 발생하는 접촉 저항을 줄이기 위한 목적으로, 소자 제작에 사용되는 SiO<sub>2</sub> 기판의 표면을 플라즈마를 사용하여 에칭하는 최적의 조건에 대해 연구하였다. 기존에 발표된 연구 결과에 따라 SF<sub>6</sub>와 O<sub>2</sub>를 섞어 플라즈마 처리를 하였고[1], 플라즈마 방전에 사용된 두 가스의 혼합 비율을 조절함으로써 소자 제작에 적합한 조건을 찾고자 하였다. 플라즈마 처리 전후의 SiO<sub>2</sub> 기판의 표면 측정에는 AFM (Atomic Force Microscope)을 사용하였고, 단면은 SEM (Scanning Electron Microscope)을 통해 확인하였다.

#### 1. 서론

높은 전자이동도와 넓은 대역폭, 그리고 투명하고 유연한 특성을 가진 그래핀은 현재 실리콘 계열 소자의 한계점을 극복할 수 있을 유일무이한 물질로서 각광을 받고 있어, 그래핀을 이용한 열전소자, 수광소자, FET (Field Effect-Transistor) 등 각종 소자들에 대한 다양한 연구가 활발히 진행되고 있다. 하지만 그래핀으로 제작된 소자들의 여러 한계점들이 존재하는데, 그 중 소자의 특성을 가장 저해하는 요인은 접촉 저항으로 알려져 있다. 2011년, 미국 Austin 대학의 그래핀과 금속간의 접촉 저항에 대한 시뮬레이션 연구 결과[2]에 따르면, 접촉 저항이 1.5Ω에서 1.5kΩ으로 증가할 때, carrier density, transconductance 등 소자의 주요 특성들이 현저하게 떨어진다. 그러므로 접촉저항을 제어하는 것은 보다 좋은 그래핀 소자를 제작하기 위해 절대적으로 필요한 사항이다.

#### 2. 본론

접촉 저항을 줄이는 여러 방법들 중에 본 연구에서는 'End-contact'의 구현에 초점을 두었다. End-contact 혹은 edge-contact이라 불리는 이 방법은 금속과 sp<sup>2</sup> 결합을 할 가능성이 있고, 또한 dangling bond를 이루게 되는 것으로 일반적으로 전극이 그래핀 표면과 접촉을 하는 side-contact과 다른 개념이다. 그래핀이 금속과 end-contact이 될 때 더 높은 결합에너지를 가지고[3], 접촉 저항이 개선됨이 밝혀졌다[4]. 하지만 추가적인 patterning에 의해 발생하는 polymer residue에 의해 소자에 안 좋은 영향을 미칠 수 있다는 단점이 있다. 그래서 본 연구에서는 보다 간편하고 그래핀에 안전한 Argon (Ar) 플라즈마 처리를 이용하여[5] 전극이 증착 될 그래핀 영역에만 결합을 유도, 부분적으로 금속과 end-contact을 이룰 수 있도록 실험을 구성하였다. 본 연구에서는 SiO<sub>2</sub> 기판을 플라즈마 etching하여 거칠게 만든 후 그래핀을 올리고, 그래핀에 손상을 최소화하기 위하여 낮은 출력의 Ar 플라즈마 처리를 하였다. 플라즈마 etching에 의해 증가된 SiO<sub>2</sub> 기판의 roughness에 의해서 주변 SiO<sub>2</sub> 영역보다 상대적으로 돌출된 SiO<sub>2</sub> 부분에 플라즈마의 영향이 더 강하게 작용할 것이라 예상하여 골 부분에 올라가 있는 그래핀 보다 돌출된 부분에 올라가 있는 그래핀 영역에 집중적으로 결합을 만들 수 있을 것으로 예측하였다. 이를 성취하기 위해 우선적으로 선행되어야 할 실험은 SiO<sub>2</sub> 기판을 거칠게 만드는 것으로, SF<sub>6</sub>와 O<sub>2</sub>를 섞은 플라즈마로 SiO<sub>2</sub> 기판을 etching을 하였다.

#### 3. 결론

가장 거친 표면을 구현하도록 SF<sub>6</sub>와 O<sub>2</sub>의 비율을 다양하게 실험하였고, 기판 표면을 AFM과 SEM으로 분석하여 최적의 조건을 찾아내었다. 이렇게 만들어진 SiO<sub>2</sub> 기판 위에 그래핀을 올리고 Ar 플라즈마 처리를 할 경우에 원하는 곳에 국부적으로 결합을 만들어 그래핀과 금속이 end-contact될 것으로 예상된다.

#### 참고문헌

1. R. Knizikevicius et al., *Vacuum*, 83 (2009) 953-057.
2. K. N. Parrish et al., *APL*, 98 (2011) 183505.
3. Yuki Matsuda et al., *J. Phys. Chem. C*, 114 (2010) 17845-17850.
4. Joshua T. Smith et al., *ACS Nano*, 7 (2013) 3661-3667.
5. Y. D. Lim et al., *ACS Nano*, 6 (2012) 4410-4417.