

산소 플라즈마를 이용한 2차원 소재 MoS₂의 두께제어 기술 연구

Thickness control of MoS₂ by using O₂ plasma

김서현^{a*}, Deshun Qu^a, 라창호^a, 유원중^a

^{a*}성균관대학교 나노과학기술학과 (E-mail:yoowj@skku.edu)

초 록: Single layer MoS₂가 가지고 있는 전기적 특성, 광특성 등을 이용하기 위해 본 연구에서는 O₂ plasma를 이용해 경제 적이며 효과적인 방법을 제시하고자 한다. 미세 etching을 통해 linear하게 thickness가 변화하는 것을 확인하고, pristine과 비슷하거나, 더 향상된 MoS₂를 제작하였다.

1. 서론

2차원 소재 중에서 현재 연구가 활발히 진행되고 있는 MoS₂는 소자 분야 외에도 광센서, 촉매 등 다양한 분야에 적용이 가능하다. MoS₂가 가지고 있는 특성을 활용하기 위해서는 특히 MoS₂의 두께를 조절하는 것이 중요하다. 왜냐하면, MoS₂는 두께에 따라 다른 밴드구조를 가지기 때문인데, 단층 MoS₂는 약 1.9eV 정도의 direct bandgap을 가지는 반면, bulk MoS₂는 약 1.2eV 정도의 indirect bandgap을 가진다. 이러한 indirect-to-direct gap transition을 이용하면 광효율을 최대화할 수 있으며, 200-500cm²/Vs의 높은 mobility를 얻을 수 있다고 보고된다 [1]. 이를 위해 CVD방법을 이용한 단층 MoS₂ 합성 [2], Laser thinning [3], gaseous reactant인 XeF₂를 이용한 etching [4] 등의 다양한 방법이 연구되고 있는데, 본 연구에서는 O₂ 플라즈마를 이용하여 대면적 MoS₂를 만들기 위한 연구를 수행하였다. 또한 AFM 및 Raman spectroscopy를 통해 MoS₂와 O₂ 플라즈마가 반응하는 매커니즘을 분석하고자 한다.

2. 결론

본 연구에서는 O₂ 플라즈마 처리를 통해 평균 0.10 nm/s의 etching rate으로 4층의 MoS₂에서 단층의 MoS₂를 얻는데 성공하였다. 그리고 Laser thinning할 때 roughness가 pristine의 3배까지 증가한다는 연구결과와는 달리, 플라즈마를 이용하면 roughness가 pristine 상태 (0.5nm)와 비슷하거나, 더 향상된 결과를 얻을 수 있었다. 한편 반응성이 높은 O₂ 플라즈마를 처리하면 절연체의 성질을 가지는 MoO₃가 형성될 가능성이 높는데, MoO₃의 melting point가 795°C 라서 제거하기가 힘든 물질이다. MoO₃의 형성유무를 밝히기 위해 Raman spectroscopy를 이용해 분석하였고, MoO₃ peak인 820cm⁻¹과 Mo-O bonding peak인 225cm⁻¹이 나타나지 않는다는 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해 O₂ 플라즈마가 MoO₃ 형성 화학반응 없이 etching을 일으키는 것을 확인할 수 있었다.

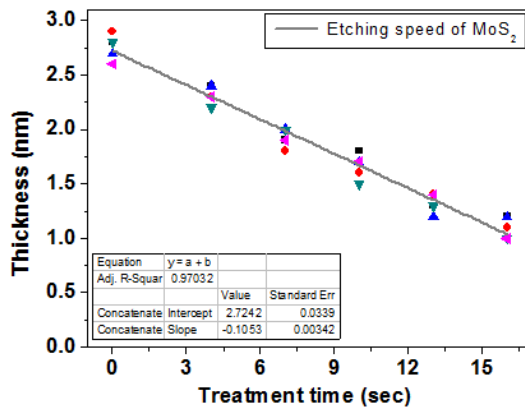


Fig. 1. Etching rate of MoS₂ confirmed by AFM.

3. 결론

본 연구결과는 transition metal dichalcogenides 등의 다른 2차원 극박막 물질의 플라즈마 에칭에 응용되어, 2차원 반도체 소자개발을 가속화시킬 것으로 예측된다.

참고문헌

1. Goki Eda et al., Nano Letters, 11 (2011), 5111.
2. Yi-Hsien Lee et al., Advanced Materials, 11 (2012), 2320.
3. A. Castellanos-Gomez et al., Nano Letters, 12 (2012), 3187.
4. Yuan Huang et al., Nano Research, 6 (2013), 200.