

# 그래핀 결함을 충전하여 제조된 내구성이 우수한 여과막

안석훈 | 한국과학기술연구원 (E-mail:ahn75@kist.re.kr)

MIT와 오크리지 국립연구소(Oak Ridge National Laboratory) 연구진은 공동으로 그래핀의 크랙을 채워주고 구멍들을 메워주는 플러그 시스템을 개발하여 *Nano Letters* 지에 발표하였다. 연구진은 정밀하게 플러그 시스템을 조절하게 되면 그래핀의 활용성을 현저히 높이는 데 도움이 될 것이라고 밝혔다.

그래핀의 분자 구조는 아주 작은 기체 분자들도 통과를 못할 정도이나 대면적으로 합성하는 과정과 전사과정 중 외부 손상에 의해 생긴 구멍과 크랙 등으로 차단막으로써의 활용이 어려운 상황이다. 이번에 MIT와 오크리지 국립연구소(Oak Ridge National Laboratory) 연구진은 공동으로 이러한 문제를 해결하는 새로운 방법을 개발하는 데 성공했다. 연구진은 그래핀의 결함으로 인해서 발생하는 누설 문제를 해결하는 새로운 수단으로 화학증착법과 고분자반응을 이용하여 크랙을 채워주고 구멍들을 메워주는 플러그 시스템을 개발하였다. 원자층증착법을 이용하여 그래핀과 반응을 하지 않으면서 그래핀의 작은 구멍에 접촉하는 하프늄을 표면에너지가 상대적으로 높은 그

래핀의 작은 기공들에 달라붙게 만들어 그래핀 내의 모든 나노 크기의 구멍을 채우게 되었다. 그러나 이 과정은 너무 시간이 걸리기 때문에 이를 통하여 그래핀에 있는 보다 큰 구멍들을 채우는 것은 어렵다는 것을 알게 되었다. 이에 연구진은 계면 중합(interfacial polymerization)이라는 공정을 이용하여 나일론을 그래핀 내의 찢어진 부분이나 구멍에서만 생성되게 하여 그래핀 내의 큰 결함들을 봉인하게 되었다. 이러한 두 과정을 거쳐서 연구진은 미세한 결함과 상대적으로 큰 결함

이 모두 메워진 그래핀 멤브레인을 완성하였고 이를 활용해 분리막으로써의 응용가능성을 보여주었다.

"cm 크기의 그래핀 막을 분자 여과막에 사용한 첫 번째 보고이며 매우 놀라운 결과"이고 "우리는 적어도 실험실 규모에서 그래핀의 대형 면적에서 분자 여과를 이해하기 위해 결함을 봉인할 수 있었는데 이는 이전에는 불가능 하였던 것"이라고 연구를 주도한 MIT 기계공학과 조교수 Rohit Karnik은 말한다. 또한, "만약 우리가 그래핀 합성 공정을 보다 잘 조절할 수 있다면 아마도 앞으로 우리는 결함을 없애는 공정을 할 필요가 없을 것이다. 그러나 결함이 없는 완벽한 그래핀을 얻는 것은 매우 어렵기 때문에 새는 현상을 조절하는 것이 항상 필요하게 될 것이다. 본 그래핀의 결함-봉합 기술은 염수용 분리막으로서의 그래핀의 응용가능성을 제시한다. 여과를 가능하게 만든 좋은 예이다. 염수로부터 담수를 만들 수 있는 현재 사용되는 분리막은 상당히 두꺼워 두께가 200 nm 정도이다. 수백 nm의 두께를 가지는 분리막 대신에 그래핀 분리막의 우수한 특성에 의해 기존 분리막 두께의 600배 정도 얇은, 3 Å의 두께를 가지는 분리막을 만들 수 있으며 이는 같은 면적에서 흐름 비를 훨씬 높게 해줄 수 있다"라고 연구를 주도한 O'Hern은 말한다.

본 연구결과는 *Nano Letters*에 "Nanofiltration across Defect-Sealed Nanoporous Monolayer Graphene"라는 제목(*Nano Lett.*, 15, 3254 (2015), DOI: 10.1021/acs.nanolett.5b00456)으로 게재되었다.

본 토픽은 KISTI 미리안의 글로벌동향브리핑(<http://mirian.kisti.re.kr/>)의 기사를 참조하여 정리하였습니다.

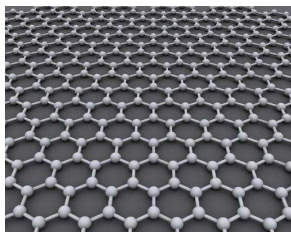


그림 1. 단일층의 탄소원자가 육각 구조를 이루고 있는 그래핀.

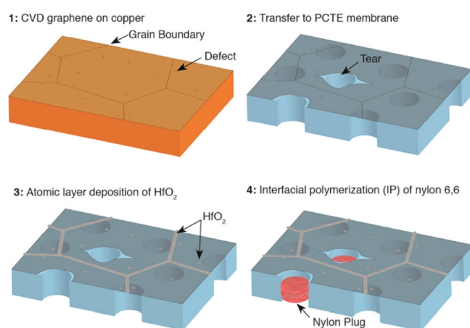


그림 2. 원자층증착법과 계면 중합 과정을 거쳐서 그래핀 내의 결함을 막는 모식도.