

## 새로운 박막 필름 재료 개발

홍진기 | 중앙대학교 화학신소재공학부 (E-mail: jkhong.cau@gmail.com)

사우스캘리포니아대(University of Southern California)의 전기공학자인 Han Wang의 연구 결과에 따르면 최근 실리콘과 경쟁할 정도의 전기적 속성을 지니는 흑린을 이용하여 라디오 주파수 트랜지스터를 만드는데 이용될 수 있다는 사실을 발견하였다.

연구진이 흑린에 대해 흥미를 느끼게 된 이유는 다른 이차원재료와 달리 이들은 밴드갭(band gap)을 가지고 있으며 전하를 꽤 잘 전도한다는 특징을 지니고 있기 때문이다. 그래핀(graphene)이나 이황화몰리브덴(molybdenum disulfide)과 같은 박막 재료들도 플렉서블한 전기장치를 만드는데 있어서 필수적이지만, 지금까지 어떤 재료들도 실리콘(silicon)과 경쟁할 정도의 전기적 속성을 지니지 못했다. H. Wang을 비롯한 연구진들은 흑린(black phosphorus) 박막 필름이 많은 통신 기기에서 발견되는 요소인 라디오 주파수 트랜지스터(radio frequency transistor)를 만드는데 이용될 수 있다는 사실을 보고 하였다.

상온에서 가장 안정적인 원소인 흑린은 그래파이트(graphite)가 주름지어 있는 형태를 나타낸다. 흑린은 오랜 시간 동안 알려져 있었지만, 올해 처음으로 이들을 전기재료로 이용하기 위한 연구가 시작되었다. 밴드갭을 지니고 있는 재료는 전도와 절연 상태를 스위칭할 수 있다. 이러한 특징은 트랜지스터가 off 상태일 때 전력 소모를 줄일 수 있으며 양질의 신호를 제공할 수 있다. 높은 전하이동성(charge mobility)을 지닌 물질은 전하를 잘 전도하며 이들로 만들어진 트랜지스터는 빠르게 on, off될 수 있다. 그래핀(graphene)은 밴드갭이 없지만 이들은 높은 전하이동성을 지니고 있다. 반대로 이황화 몰리브데늄(molybdenum disulfide)과 같은 2D 재료들은 밴드갭을 지니고 있지만 전하이동성이 매우 낮다.

자신들과 다른 연구자들이 최근 그 재료에 대해 연구한 결과를 토대로, 예일대(Yale University)의 Wang, Xia와 동료 연구자들은 흑린으로 이루어진

트랜지스터를 개발했다. 이 트랜지스터는 기가헤르츠(gigahertz) 범위에서 작동할 수 있으며 1초에 200억 번 on, off를 반복할 수 있다. 이들의 성능은 핸드폰 등에서 발견되는 라디오 주파수 통신에서 이용되는 트랜지스터의 성능과 유사하다. 이 트랜지스터들은 실리콘으로 이루어져 있는 것들이다.

트랜지스터를 만들기 위해 연구자들은 기계적으로 부피가 큰 흑린을 조각냈다. 그들은 6~10 nm 정도의 두께를 지닌 조각을 선택해 이들을 이산화실리콘(silicon dioxide)으로 토핑된 실리콘 웨이퍼(wafer) 위에 두었다. 트랜지스터를 완성하기 위해, 연구자들은 금속 전극과 게이트를 만들기 위해 필요한 일반적인 방법을 이용했다. 이 새로운 트랜지스터는 매우 커 약 300 nm 정도의 너비를 지니고 있다. 연구팀이 수행한 시뮬레이션에 의하면 이 트랜지스터는 이들의 두께가 50 nm나 그 이하로 떨어지게 되면 100 GHz에서도 작동할 수 있을 것으로 보인다.

\* 본 연구결과는 저널 *Nano Letters*에 "Black Phosphorous Radio-Frequency Transistors"라는 제목으로 게재되었다 (DOI:10.1021/nl5029717). 또한, 연구에 대해 *C&EN*에 "Researchers Try Out A New Thin-Film Material For Transistors"라는 제목으로 리뷰가 작성되었다.

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

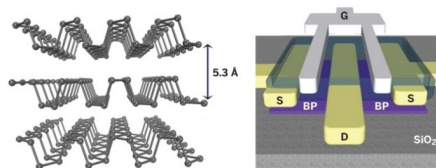


그림 1. 흑린을 이용한 박막필름의 제조와 이를 이용한 트랜지스터.