

C₂ 탄화수소 기반 그래핀 합성 반응속도론

서정보*† · 박지상* · 안주환* · 박형규*

*포항공과대학교 저차원 전달물리 연구소

Evolutionary Kinetics of Graphene Formation by C₂ hydrocarbon

Jungbo Seo*†, Jisang Park*, Juhwan Ahn*, Hyung Gyu Park*

*Center for Low-Dimensional Transport Physics, Pohang University of Science and Technology (POSTECH)

1. 서 론

화학기상증착법을 통한 그래핀 합성 기작은 온도, 압력, 촉매, 탄소전구체 등 다변수가 적용되는 복잡한 반응으로 현재까지 이를 밝히기 위한 여러 연구가 이루어지고 있다. 그래핀 합성에 일반적으로 사용되는 메탄(CH₄)의 경우 열적 안정성으로 인해 고온(~1000°C)의 열분해 과정을 거쳐야 하는 반면 C₂ 탄화수소의 경우 그보다 낮은 수준의 온도 환경에서 열분해가 일어나기에 증온합성을 위한 그래핀 합성 전구체로서 주목받고 있다. 본 연구팀⁽¹⁾은 에틸렌(C₂H₄)를 사용한 구리촉매 기반 그래핀 합성 시, 합성 영역이 시간에 대해 Gompertz sigmoidal function(식(1))을 따르는 것을 확인하였다. 기존 메탄(CH₄) 기반 합성이 mono-molecular Avrami model 을 따르는 것과 다른 결과를 나타낸 것인데, 이는 C₂ 탄화수소의 경우 C₁ 탄화수소와는 달리 탄소원자로의 분해 과정이 다르기 때문에 발생하는 차이로 판단된다. 이에 본 연구에서는 C₂ 탄화수소인 에틸렌(C₂H₄), 에탄(C₂H₆)과 아세틸렌(C₂H₂)에 따른 그래핀의 합성과 Gompertzian model 의 상관관계를 확인하고자 한다.

2. C₂ 탄화수소 기반 그래핀 합성

본 연구에서는 C₂ 탄화수소 사용 시 나타나는 그래핀의 합성 반응속도론을 비교하기 위하여 C₁ 탄화수소의 대표적인 탄소전구체인 CH₄ 기반 그래핀 합성 조건을 확보하고 C₂ 탄화수소 기반 그래핀 합성을 진행한다. 온도 구배에 따른 그래핀 결정 밀도를 조사했을 때 Avrami model 의 경우 온도 증가에 따른 nucleation density 의 증가가 예상되었다. 반면 C₂ 탄화수소의 경우 확산 속도의 증가로 인해 nucleation 보다 edge attachment 가 지배적으로 일어나 온도 증가에 따라 nucleation density 가 감소하는 것을 확인하였다. 이를 통해 mono-molecular Avrami model 이 C₂ 탄화수소에 대해서는

경향성이 일치하지 않고 Gompertzian model 이 해당 현상에 더 적합하다는 것을 확인하였다.

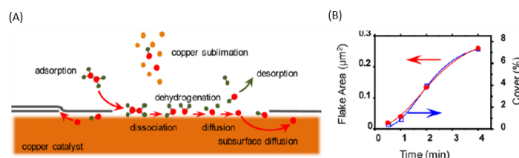


Figure 1⁽¹⁾ (A) Growth scheme and associated stepwise mechanisms (B) Comparison of the measured mean flake size and measured percentage of the graphene area over the entire substrate surface.

$$A(t) = A_{max} \exp\left\{-\exp\left[-\frac{\mu m e}{A_{max}}(t - \lambda) + 1\right]\right\} \quad (1)$$

뿐만 아니라 본 연구에서는 C₂ 탄화수소인 아세틸렌(C₂H₂)과 에탄(C₂H₆) 기반 합성의 Gompertzian model 과의 상관관계를 확인하고 있으며 해당 model 의 적합성을 확인하고 있다.

3. 결 론

본 연구를 통해 C₂ 탄화수소 기반 그래핀 합성 시, 시간에 따른 Gompertzian growth kinetics 를 제시하며 해당 model 의 적합성을 논하고 있다.

(한국연구재단 리더연구과제 (2020R1A3B2079741)에서 본 연구를 지원해 주고 계십니다.)

참고 문헌

- (1) Celebi, K., M. T. Cole, J. W. Choi, F. Wyczisk, P. Legagneux, N. Rupasinghe, J. Robertson, K. B. K. Teo and H. G. Park, 2013, "Evolutionary Kinetics of Graphene Formation on Copper." *Nano Letters* **13**(3): 967-974.

† Presenting Author, seobjb@postech.ac.kr