

2 차원 공간 내부 전달현상 분석을 위한 이상적 2 차원 물질 적층 구조 연구

양희찬*† · 조상연* · 박형규*

*포항공과대학교 저차원 전달 물리 연구소

Nearly ideal two-dimensional lamellar architecture for understanding the fundamental mass transport in two-dimensional channel

Heechan Yang*†, Sangyeon Jo*, Hyung Gyu Park*

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

1. 서 론

분리기술에 대한 중요성이 대두되면서, 효율성과 범용성이 우수한 막분리 기술이 많은 관심을 받고 있다. 상용화된 막인 폴리머는 우수한 선택도를 가져 널리 사용되고 있지만, 낮은 투과도, 불안정성 등의 장애물이 존재한다. 따라서 기존 막의 한계를 보완할 수 있는 차세대 분리막을 찾기 위해 많은 연구가 진행되고 있다. 다양한 막물질 가운데 2 차원 물질 적층막은 특유의 계단식 전달 경로를 가지며, 안정성과 대면적화가 우수해 차세대 분리막으로서의 잠재력이 높다. 그럼에도 불구하고, 막 내부의 결함과 같은 불확실성으로 인해, 2 차원 적층 내부 물질 전달 현상에 대한 이해는 많은 부분에서 미해결로 남아있으며 실질적인 사용이 지연되고 있다. 본 연구에서는 2 차원 적층막 내부의 근본적인 전달현상을 분석하기 위해 이상적인 2 차원 적층 구조를 구현하고, 막 내부에서의 물, 이온, 분자의 전달현상을 분석하였다. 온전히 단일층으로만 쌓은 2 차원 물질 적층막은 이상적인 적층 구조에 가까운 것을 다양한 특성평가를 통해 확인하였으며, 작은 NaCl 이온에 대해서도 우수한 선택도를 지니는 것을 보였다.

2. 결과 및 분석

2.1 이상적 2 차원 적층구조 구현

층수 제어에 따른 막 구조 변화를 확인하기 위해, 본 연구팀은 이황화몰리브덴 (MoS_2)을 Liquid phase exfoliation (LPE) 방법과 chemical exfoliation (CE)방법을 통해 박리하고⁽¹⁾, 원심분리를 조절하였다. 세 가지 단층분율을 갖는 MoS_2 용액을 얻었으며, H- MoS_2 , M- MoS_2 , L- MoS_2 는 각각 81%, 59%, 39%의 단층 분율을 가졌다. 특히 CE 방법과 빠른 원심분리를 수행한 경우, 높은 단층분율을 가지는 것을 확인했다. (Figure 1)

단일층이 주기반인 H- MoS_2 막은 막 내부에 결함

이 거의 없고, 0.3nm 의 나노채널이 균일하게 형성되어 이상적 적층구조에 가까웠다. 반대로 다층이 포함된 M- MoS_2 , L- MoS_2 는 많은 결함이 내부에 형성됨을 확인했다.

2.2 2 차원 적층 구조 내 전달 현상 분석

2 차원 물질 적층막 내부를 통과하는 물의 상을 확인하기 위해 증기상의 물을 투과시킨 이후 Electron energy loss spectroscopy 와 X-ray diffraction 분석을 수행하였다. 결과적으로 물이 1-2 층의 얼음구조를 형성한 것을 확인하였으며, 적층막을 통과하는 물의 투과율은 막이 없는 상태와 거의 유사하였다. 또한 2 차원 적층막은 이온에 대한 투과율이 극히 낮아, NaCl 이온의 선택도가 80% 이상인 것으로 나타났다.

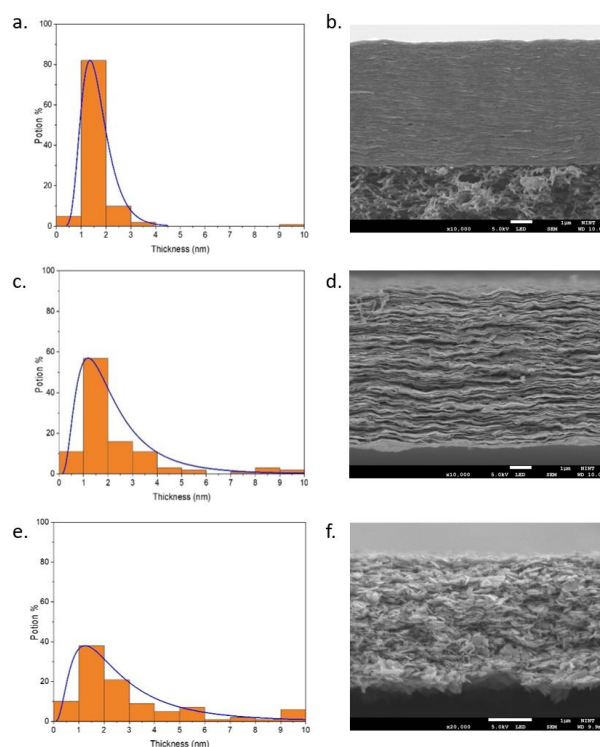


Figure 1. The portion of nanoplate thicknesses obtained by atomic force microscope and cross-sectional scanning electron microscope image of 2D lamellar MoS_2 membrane. (a,b) H- MoS_2 (c,d) M- MoS_2 (e,f) L- MoS_2 .

† Presenting Author, yanghc95@postech.ac.kr

3. 결 론

본 연구를 통해 이상적인 2 차원 물질 적층막 내부의 물질전달 현상을 분석했다. 단일층의 분율을 높이는 것이 이상적인 적층구조를 만드는 요소임을 확인하였으며, 막 내부를 통과하는 물과 이온의 투과도 분석을 통해 2 차원 물질 적층막 고유의 여과성능을 확인했다.

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

참고문헌

- (1) Eda, G., Yamaguchi, H., Voiry, D., Fujita, T., Chen, M.; Chhowalla, M., 2011, "Photoluminescence from Chemically Exfoliated MoS₂," *Nano Letters*, Vol. 11, No. 11, pp. 5111~5116.