

차세대 방수통기막으로의 2 nm 두께 다공성 실리콘 막의 잠재성 고찰

백종현^{*†}, 김석현^{**}, Arijit Sarkar^{**}, 안종현^{**}, 박형규^{*}

*포항공과대학교 저차원 전달물리 연구소, **연세대학교 전기전자공학부

Applicability of 2 nm Thick Porous Silicon Membrane as Next-generation Waterproof and Breathable Membrane

Jonghyun Baek^{*†}, Seokhyun Kim^{**}, Arijit Sarkar^{**}, Jong-Hyun Ahn^{**} and Hyung Gyu Park^{*}

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

** School of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University

1. 서론

소수성 및 기공의 크기에 의해 물은 차단하고 수증기를 선택적으로 통과시키는 방수통기막은 전자기기, 의류, 해수담수화 등 다양한 분야에서 사용된다. 오늘날 산업에서 주로 쓰이는 방수통기막 소재는 대부분 불소계 폴리머로 e-PTFE 가 대표적이다. 하지만 불소계 폴리머는 잘 분해되지 않아 암 또는 생식기능을 저하시키는 마이크로 플라스틱 형태의 과불화 화합물로 자연에 쌓이게 되어 환경오염 문제에 대한 우려가 존재하며 동시에, 수증기 투습량도 상대적으로 두꺼운 폴리머의 두께로 인해 적용분야에서 이상적으로 요구되는 값보다 적다. 이에 우리 연구팀은 1 nm 두께의 다공성 그래핀 이중층을 통한 수증기의 투과량이 수학적으로 0의 두께를 가정한 값, 즉 오리피스 투과량의 이론적인 한계까지 도달했고 이는 기존 방수통기막 투습량보다 1000 배 이상 높음을 보여 이차원 물질이 가지는 차세대 방수통기막으로의 잠재성⁽¹⁾을 확인했다. 현재, 2 차원 막의 방수통기막으로의 적용은 아직 그 제작 공정이 확립되지 않아 다소 제한적인 면이 있다. 이에 본 연구에서는 2 차원 물질만큼 얇지만 3 차원 격자를 유지하는 2 nm 두께의 실리콘 다공막을 약 1 센티미터 크기로 제작하고 그 투습성을 확인해 차세대 방수통기막 소재로의 잠재성을 연구하고 있다.

2. 본 문

2.1 전사 과정

SOI(Silicon On Insulator) 웨이퍼 상부의 실리콘 층이 2 nm 가 될 때까지 열산화 시킨다. 열산화 결과 생기는 산화실리콘 층을 식각하면 2 nm 두께의 실리콘 표면이 드러난다. 드러난 실리콘 표면을 다공성 PCTE 지지체에 부착시킨 뒤 HF 증기에 30 분 노출시키면 SOI 웨이퍼의 절연층이 식각되어 하부의 실리콘 기판과 상부의 2 nm 실리콘 층이

분리된다. 그 결과 다공성 PCTE 지지체로의 전사 과정이 완료된다.

2.2 실리콘 다공막 제작

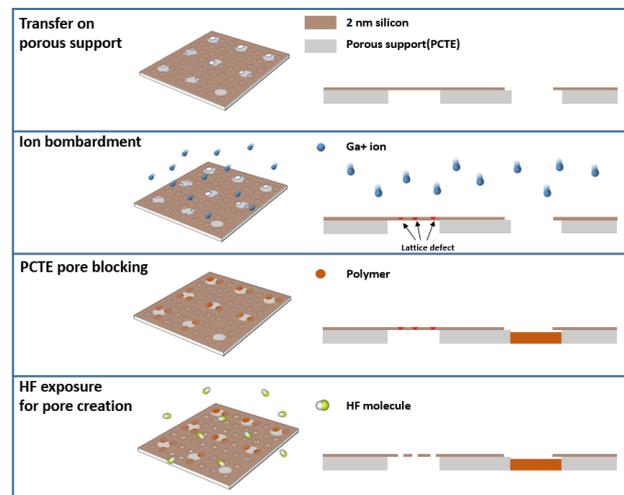


Fig. 1 Fabrication process of silicon nanomembrane for waterproof and breathable membrane application

Fig. 1 에 실리콘 다공막 제작 과정의 개략도가 나타나 있다. 높은 가속 전압의 Ga⁺ ion bombardment 을 전사된 2 nm silicon 에 가해주면 실리콘 격자에 결함이 형성된다. 그 후 계면 중합을 통해 실리콘이 덮이지 않은 영역의 지지체의 공극을 막아주어 비투과성 상태의 막으로 만든다. 격자의 결함을 불산 증기를 통해 선택적으로 식각하여 공극을 형성한다. 이렇게 함으로써 실리콘 다공막을 제작한다.

2.3 실리콘 다공막 특성 분석

제작된 실리콘 다공막을 통해 측정된 수증기 투과도는 상용 방수통기막 대비 100 배 이상 높을 뿐만 아니라, 상용 방수통기막 수준을 잘 따라가는 방수성능을 보여 차세대 방수통기막으로서의 잠재성을 보여주었다.

† Presenting Author, jhwhite@postech.ac.kr

3. 결 론

본 연구에서는 2 nm 두께 수준의 실리콘 다공막을 센티미터 규모의 너비로 제작했으며, 상용 방수통기막 수준의 100 배 이상 뛰어난 투과도를 보여 차세대 방수통기막으로의 가능성이 있음을 확인했다.

후 기

한국연구재단 리더연구과제 (2020R1A3B2079741), (2015R1A3A2066337)에서 본 연구를 지원해 주고 계십니다.

참고문헌

- (1) K. Celebi, J. Buchheim, R.M. Wyss, A. Droudian, P. Gasser, I. Shorubalko, J.I. Kye, C. Lee, H.G. Park, 2014, "Ultimate Permeation Across Atomically Thin Porous Graphene," *Science*, Vol. 344, No. 6181, pp. 289~292.