

단순화된 나노인덴테이션 모델에 근거한 폴리머 박막의 잔류 두께 평가

김재현*(한국기계연구원), 이학주, 고순규, 한승우, 허신, 정준호

주제어 : 잔류 두께, 나노인덴테이션, 박막, 나노임프린트, 폴리머

나노인덴테이션 (nanoindentation) 기법은 기존의 마이크로인덴테이션 (microindentation)과 중요한 차이점이 있다. 마이크로인덴테이션은 일정 하중으로 인덴터 (indenter)를 시편에 누른 후에, 발생된 압흔 (residual impression)의 크기를 측정하여 재료의 경도를 평가한다. 그러나 나노인덴테이션에서는 시험 후에 압흔을 측정하지 않고, 인덴터가 시편 내부로 파고든 깊이를 정확하게 측정하여 이로부터 접촉 면적 (contact area)을 계산하고, 경도 및 탄성계수를 평가한다. 따라서 나노인덴테이션에서는 하중 및 변위를 정밀하게 측정하고 제어하기 위한 센서와 구동 메커니즘이 필수적으로 요구된다. 나노인덴테이션 시험의 측정 결과로부터 재료의 경도 및 탄성계수를 평가하기 위해서 여러 가지 모델식이 고안되었고, 현재에는 Oliver와 Pharr의 이론이 널리 사용되고 있다. 그러나 이 이론은 박막/모재로 이루어진 구조에는 그대로 적용할 수 없는 이론이므로, 박막의 물성 평가에는 제한적으로 적용된다.

나노임프린트 기술은 수십 나노 미터 수준의 CD (critical dimension)를 가지는 패턴을 만드는 리소그래피 (lithography) 기술의 일종이다. 나노임프린트 기술에서는 마스터(master)에 존재하는 나노 패턴을 임프린트(imprint)를 통하여 폴리머 박막에 전사시키고, 이 폴리머 박막을 식각 마스크 (etch mask)로 이용하는 방법이다. 나노 패턴이 전사된 폴리머 박막을 식각 마스크로 사용하기 위해서는 폴리머 박막의 잔류 두께 (residual thickness)가 균일하게 유지되어야 한다. 잔류 두께가 균일하도록 유지하는 것은 공정에 있어서 매우 중요한 이슈이기 때문에, 본 연구에서는 단순화된 나노인덴테이션 모델을 이용하여 이러한 폴리머 박막의 잔류 두께를 손쉽게 측정하는 방법을 제시하고자 한다.

박막/모재 구조의 탄성계수 및 경도를 측정하기 위한 모델식은 여러 가지 물성치와 형상비가 포함된 복잡한 형태를 지니게 되며, 모든 재료 조합에 적용될 수 있는 모델은 아직 개발되지 않은 상태이다. 그러나 박막/모재 구조에서 박막의 잔류 두께의 측정에만 관심을 가진다면 이에 적용될 수 있는 간단한 모델을 구성할 수 있다. 본 연구에서는 박막/모재 구조에서 박막의 잔류 두께 측정에 이용될 수 있는 단순화된 모델식을 제안하고 이를 이용하여 나노 임프린트 공정을 통해 제조된 폴리머 박막의 잔류 두께를 측정한 결과를 제시한다.