

MOSFET 구조내 HfO₂게이트절연막의 Nanoindentation을 통한 Nano-scale의 기계적 특성 연구

김주영, 김수인, 이규영, 이창우

국민대학교 나노전자물리학과, 서울 136-702

현재의 반도체 산업에서 Hafnium oxide와 Hafnium silicates같은 high-k 물질은 CMOS gate와 DRAM capacitor dielectrics로 사용하기 위한 대표적인 물질에 속한다. MOSFET (metal oxide semiconductor field effect transistor)구조에서 gate length는 16 nm 이하로 계속 미세화가 연구 중이고, 또한 gate는 기존구조에서 Multi-gate구조로 다변화가 일어나고 있다. 이를 통해 게이트 절연막은 그 구조와 활용범위가 다양해지게 될 것이다. 동시에 leakage current와 dielectric breakdown을 감소시키는 연구가 중요해지고 있다. 그러나 나노 영역에서의 기계적 특성에 대한 연구는 전무한 상태이다. 따라서 복잡한 회로 공정, 다양한 Multi-gate 구조, 신뢰도의 향상을 위해서는 유전박막 물질자체와 계면에서의 물리적, 기계적인 특징의 측정이 상당히 중요해지고 있다. 이에 본 연구는 Nano-indenter의 통해 경도(Hardness)와 탄성계수(Elastic modulus) 등의 측정을 통하여 시료 표면의 나노영역에서의 기계적 특성을 연구하고자 하였다. HfO₂게이트 절연막은 rf magnetron sputter를 이용해 Si (silicon) (100)기판위에 박막형태로 증착하였고, 이후 furnace에서 질소분위기로 온도(400, 450, 500°C)를 달리하여 20분 열처리를 하였다. 또한 Weibull distribution을 이용해 박막의 characteristic value를 계산하였으며, 실험결과 열처리 온도가 400°C에서 500°C로 증가함에 따라 경도와 탄성계수는 7.4 GPa에서 10.65 GPa으로 120.25 GPa에서 137.95 GPa으로 각각 증가하였다. 이는 재료적 측면으로 재료의 구조적 우수성이 증가된 것으로 판단된다.

Keywords: 나노인덴터, 경도, 탄성계수, HfO₂, 와이블 분포

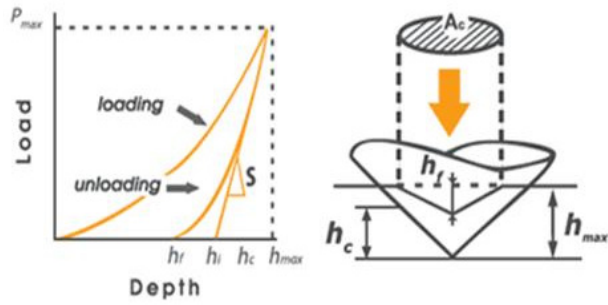


Fig 1. The common view of load-displacement graph. The hardness and elastic modulus calculation parameters are shown on the figure.

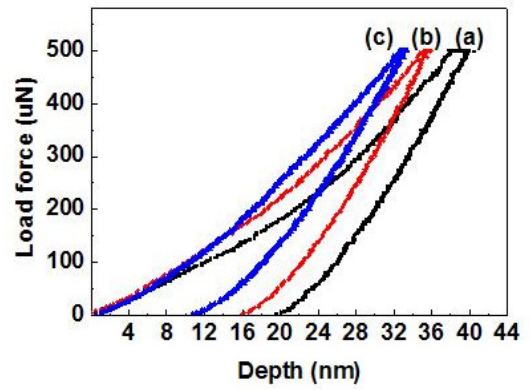


Fig 2. load-displacement graph of HfO_2 thin films after annealing at (a) 400, (b) 450, and (c) 500 $^{\circ}\text{C}$