

게이트 유전체용 HfO₂ 박막의 증착 및 열처리 조건에 따른 Nano-Mechanical 특성 연구

김주영¹, 김수인¹, 이규영¹, 권구은¹, 김민석², 엄승현², 정현진², 조용석², 박승호², 이창우¹

¹국민대학교 나노전자물리학과, 서울 136-702, ²서울과학기술대학교, 서울 110-530

MOSFET 구조에서 metal oxide에 기반을 둔 게이트 유전체의 연구는 실리콘(Si)을 기반으로 한 반도체 발명이래로 가장 인상적인 발전을 이뤄 왔다. 이는 metal oxide의 높은 유전상수 특성이 SiO₂보다 우수하고, 유전체 박막의 두께 감소로 인한 전기적 특성 저하를 보완하기 때문이다. 특히 지난 10년 동안, Hafnium에 기반을 둔 HfO₂는 차세대 반도체용 유전 물질로 전기적 구조적 특성에 대한 연구가 활발히 진행되어왔다. 그러나 현재까지 HfO₂에 대한 nano-mechanical 특성 연구는 미미하여 이에 대한 연구가 필요하다. 이에 본 연구에서는 Hf 및 HfO₂ 박막의 증착 및 열처리 조건을 다르게 하여 실험을 진행하였다. 시료는 rf magnetron sputter를 이용하여 Si 기판위에 Hafnium target으로 산소유량(4, 6 sccm)을 달리하여 증착하였고, 이후 furnace에서 400에서 800°C까지 질소분위기에서 20분간 열처리를 실시하였다. 실험결과 산소 유량을 6 sccm으로 증착한 시료의 current density 성능이 모든 열처리 과정에서 증가하였다. Nano-indenter로 측정하고 Weibull distribution으로 정량적 계산을 한 경도 (Hardness)는 as-deposited 시료를 기준으로 400°C에서는 감소했으나 온도가 높아질수록 증가하였다. 특히, 400°C 열처리한 시료에서 산소농도에(4 sccm : 5.35 GPa, 6 sccm : 6.15 GPa)따른 두 시료간의 변화가 가장 두드러졌다. 반면에, 탄성계수 (Elastic modulus)는 산소농도 6 sccm을 넣고 증착된 시료들이 4 sccm을 넣고 증착한 시료보다 모두 높은 값을 나타냈다. 또한, 800°C 열처리한 시료에서 산소농도에(4 sccm : 128.88 GPa, 6 sccm : 149.39 GPa)따라 표면의 탄성에 큰 차이가 있음을 확인하였다. 이는 증착된 HfO₂ 시료들이 비정질 상태에서 HfO₂로 결정화되는 과정에서 산소가 증가할수록 박막의 defect이 감소되기 때문으로 사료된다.

Keywords: 나노인텐터, 경도, 탄성계수, HfO₂, Nano-mechanical property

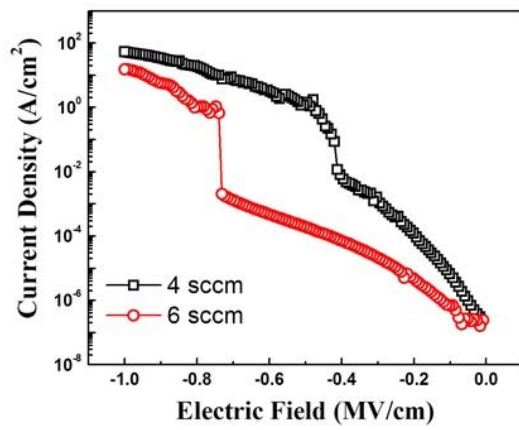


Fig 1. The current density graph of HfO₂ thin films according to oxygen gas flow after annealing at 400 °C

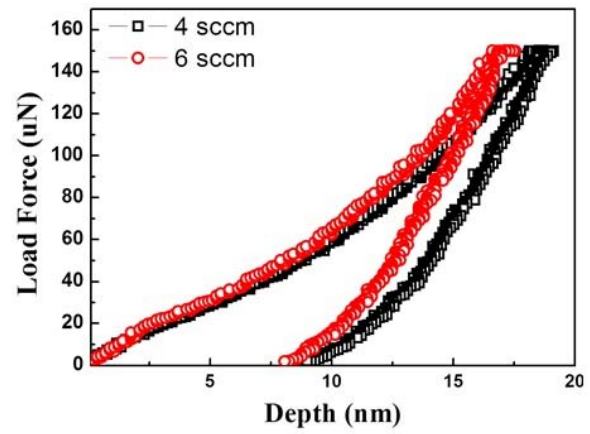


Fig 2. The load-displacement graph of HfO₂ thin films according to oxygen gas flow after annealing at 400 °C