

원자층증착법을 이용한 Hafnium dioxide 박막의 전기적특성
(Electrical properties of hafnium dioxide gate dielectrics
by atomic layer deposition)

한양대학교 재료공학과 이태호, 김영배, 오재민, 최덕균, 안진호
에버테크(주) 정재학, 최재호

반도체 산업에서 집적화가 증가함에 따라 반도체 소자의 대표적인 Si Metal-Oxide-Seiconductor MOS)공정에서 집적화도를 높이기 위해 수평적으로 소자의 크기를 줄이는 것 뿐만 아니라 동시에 수직적으로도 소자를 줄이려는 노력이 계속되고 있다. 그러나 1960년대 이후 MOSFET의 gate oxide로 사용된 SiO₂는 소자의 크기가 줄어들면서 게이트 산화막으로 이용되기에는 여러 가지 물리적 한계에 직면하게 되었다. 0.1 μ m이하의 소자를 위해서 SiO₂는 15Å이하의 두께를 가져야 되는데 이러한 두께에서는 전자가 박막을 tunneling하여 지나가게 되며 이로 인해 허용치 이상의 누설전류를 가지게 되어 더 이상 절연막의 역할을 할 수 없게 된다. 따라서 유전율이 큰 물질을 사용하여 물리적인 두께가 SiO₂보다 크면서 정전용량을 크게 할 수 있는 high K 물질이 필요하게 되었다. 이러한 요구에 의해 현재 gate dielectric 물질로 이용되고 있는 SiO₂를 대체할 수많은 high K를 가지는 유전체에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있으며 그 중 최근 가장 주목을 받고 있는 물질은 Ta₂O₅, Al₂O₃, HfO₂, ZrO₂ 등이다.

이중 HfO₂는 Si와 접촉시 열역학적 안정성, 25~30정도의 큰 유전상수, 271kcal/mol의 높은 생성열, 5.86eV의 비교적 큰 band gap, poli-Si과의 호환성 그리고 9.68g/cm³의 높은 밀도로 인해 계면에서 불순물 확산에 대한 저항성이 매우 크다는 장점을 가지고 있다.

본 연구에서는 atomic layer deposition(ALD)을 이용하여 8-inch p-Si(100)기판위에 HfO₂를 증착하였으며 Si-wafer의 자연산화막은 10%HF용액에 60초간 담구어 제거하였다. 원료물질로는 Hafnium chloride(HfCl₄)를 Hf-precursor로 H₂O를 산화제로 사용하였으며 HfCl₄ canister를 200℃까지 가열하여 충분한 vapor pressure가 생성될 수 있도록 하였다. 이 경우 탄소가 없는 원료 물질을 사용하였기 때문에 유기 원료를 사용하였을 때 발생하는 탄소의 오염문제를 제거할 수 있었다. carrier gas는 N₂를 사용하였다. 박막의 증착온도는 200~400℃사이에서 변화시켰으며 박막의 두께는 50Å으로 일정하게 유지하였다. 이후 열처리를 위해 RTA를 이용하여 O₂, N₂분위기에서 600~800℃, 30~180초 동안 실시하였다. 전기적 특성을 측정하기 위하여 Al 전극을 evaporation방법을 이용하여 증착 한 후 HP4155를 이용하여 누설전류를, Keithley를 이용하여 정전용량을 측정하였으며 HfO₂박막내의 불순물 분석을 위하여 XPS와 AES를 이용하였고 Si과의 계면 특성을 관찰하기 위해 TEM을 사용하였다.