

MOCVD를 이용하여 증착시킨 Hafnium Oxide 박막의 전기적 특성연구 (The Electrical Characterization of Deposited Hafnium Oxide Thin Film using MOCVD)

한양대학교 신소재공학부, *EVERTEK
오재민, 김영순, 이태호, *현광수, 안진호

반도체 소자의 집적도가 빠른 속도로 증가함으로 인해 현재 게이트 절연막(gate oxide)으로 사용하고 있는 SiO₂ 경우 물리적, 전기적 한계에 도달하고 있으며, scale rule에 따라서 2005년 경에 생산이 예상되는 0.1 μ m세대의 게이트 절연막의 경우 15~20Å의 절연막 두께가 요구된다. 그러나, SiO₂의 경우 박막의 두께가 15Å 이하로 감소함에 따라 direct tunneling에 의해 누설전류가 급격히 증가함하여 차세대소자 적용에 어려울 것으로 예상된다. 따라서 고유전 물질을 소자에 적용한다면 유전 상수의 비율만큼 더 두꺼운 박막을 증착할 수 있으므로 누설전류를 줄일 수 있다.

이러한 요구에 의해 SiO₂를 대체하기 위한 차세대 고유전 물질로는 CeO₂, Y₂O₃, Ta₂O₅, Al₂O₃, HfO₂, ZrO₂ 등이 검토되고 있다. 하지만 CeO₂, Y₂O₃와 Al₂O₃는 상대적으로 낮은 유전율을 가지며, 열적으로 불안정하여 Si와 접촉시 interfacial layer를 생성하거나 metal silicide를 형성하여 유전율을 감소시키는 단점을 가지고 있다. 따라서 현재 HfO₂와 ZrO₂가 차세대 게이트 유전물질로 많은 연구가 진행되고 있다. 특히 HfO₂는 271kcal/mol의 높은 생성열로 인해 Si와 접촉시 열역학적 안정성, 25~30정도의 높은 유전상수, 5.86eV의 비교적 큰 bandgap energy, poly-Si과의 호환성등의 이유로 가장 주목 받고 있는 물질로 연구되고 있다. 따라서 본 연구에서는 MOCVD를 이용하여 HfO₂를 증착하여, 증착조건 변화에 따른 물리/화학적, 전기적 특성변화를 관찰하였으며 차세대 절연막으로써 적용가능성에 대해 연구하였다.

본 실험에서는 p-type Si(100) wafer를 사용하였으며, 증착전 SC-1 cleaning 과 5% HF 용액을 이용한 native oxide 제거를 실시하였다. 전구체로는 hafnium t-butoxide를 사용하였고, 반응가스로는 O₂를 사용하였으며, carrier gas는 N₂를 사용하였다. 박막의 증착온도는 200°C ~ 550°C사이에서 변화시켰으며, hafnium source인 hafnium t-butoxide와 반응가스인 O₂의 주입량은 일정하게 유지하였다. 다음과 같이 증착된 박막에 대한 두께측정을 위해 ellipsometer를 이용하였으며, 화학분석을 위해 SIMS(Sencondary Ion Mass Spectroscopy)를 이용하였고, HRTEM(High Resolution Transmission Electron Microscopy)를 사용하여 microstructure와 interfacial layer의 거동을 살펴보았다. 이와 같은 분석으로 얻은 물리적/화학적 특성과 전기적 특성의 상관관계를 알아보기 위해 HP4155A와 Keithley win-82를 이용하여 누설전류특성과 정전용량을 측정하였다.

250~450°C에서 증착시킨 박막은 비정질상을 나타내었으며, 550°C에서는 완전한 결정상을 나타내었다. 350°C에서는 Si 과 HfO₂ 사이의 계면층의 생성으로 인하여 유전율이 4.4로 낮게 나타났으며, 비정질과 계면층생성의 영향으로 낮은 누설전류특성을 나타내고, 많은 양의 C이 검출되었다. 550°C에서는 결정화에 의한 유전율값 향상이 기대되지만, 계면층생성에 의한 유전율저하 효과로 인해 결과적으로 8.8의 유전율값을 얻었으며, 계면층으로 인해 누설전류값은 낮게 나타나고, C불순물의 양이 상대적으로 적게 나타났다. 하지만 450°C에서는 적은 계면층이 생성되어서 11.8의 높은 유전율값을 가지며, 비정질상으로 인해 낮은 누설전류값을 나타내었다. 또한 V_{FB}를 관찰해보면 350°C에서 550°C로 갈수록 V_{FB}가 양의 전압으로 shift하는 경향을 나타내었는데, 이것은 C의 불순물의 함유량이 감소함에 따른 결과라고 생각된다.