

Ar 중성빔을 이용한 HfO₂ 원자 층 식각

임용선¹, 박상덕², 배정운², 염근영^{1,2,3}

¹성균관대학교 성균나노과학기술원, ²성균관대학교 신소재공학과, ³테라급나노소자개발사업단

High-k 물질은 높은 유전상수(k)를 갖기 때문에 metal-oxide-semiconductor field effect transistors (MOSFETs)의 gate 물질로 사용할 경우 gate leakage current가 SiO₂를 사용하는 경우에 비해 감소하게 된다. 이에 따라 최근 MOSFETs 소자의 gate 물질로 high-k 물질을 이용하는 MOSFETs 소자의 연구가 활발히 진행되고 있다. 다양한 high-k 물질 중에서도 hafnium oxide (HfO₂)는 높은 유전상수(25~30), 넓은 band gap, 적은 leakage current 그리고 우수한 열적 특성을 갖기 때문에 MOSFETs의 gate 물질로 주목받고 있다. 하지만 MOSFETs의 gate thickness가 점차 nano scale로 작아짐에 따라 식각물질의 nano scale의 식각 깊이 조절과 under layer와의 매우 큰 식각 selectivity가 요구되어 진다. 또한 under layer에 손상을 주지 않는 식각이 요구된다. 하지만 기존의 plasma 식각 공정의 경우 vertical 한 식각 profile을 얻기 위해 활성화된 이온을 이용하기 때문에 소자표면에 structural disruption, intermixing layer, stoichiometry modification 그리고 surface roughness 증가 등과 같은 물리적 손상이 야기된다. 따라서 본 연구에서는 식각에 따른 물리적 손상을 최소화 할 수 있고 원자 층 단위로 식각 깊이를 조절 할 수 있는 atomic layer etching (ALET)을 HfO₂ 식각에 적용하였다.

본 연구에서는 주기적으로 BCl₃ 흡착과 Ar 중성빔을 주사하는 ALET 공정을 진행하였다. BCl₃ 가스의 압력과 Ar 중성빔 주사량이 임계값보다 적을 때에는 BCl₃ 가스의 압력과 Ar 중성빔 주사량이 증가함에 따라 식각률이 증가됨을 관찰 하였다. 그러나 BCl₃ 가스의 압력과 Ar 중성빔 주사량이 임계값 보다 많을 경우에는 BCl₃ 가스의 압력과 Ar 중성빔 주사량의 변화에는 상관없이 각각의 물질의 one monolayer에 해당하는 값에서 saturation 됨을 관찰할 수 있었다. 또한 surface roughness와 stoichiometry modification도 식각전과 비교하여 변화하지 않음을 관찰하였다. 이러한 결과는 BCl₃ 가스와 Ar 중성빔 주사량을 임계값 이상으로 공급할 경우 self-limited etching mechanism에 의해 식각률이 결정되기 때문으로 사료된다.

본 연구는 한국 과학기술부 주관의 21세기 프론티어 연구개발 사업단 (테라급 나노소자 사업)에 의하여 지원되었습니다.