

## Ar neutral beam을 이용한 ZrO<sub>2</sub> 원자 층 식각

임웅선<sup>1</sup>, 박재범<sup>1</sup>, 염근영<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>성균관대학교 성균나노과학기술원, <sup>2</sup>테라급나노소자개발사업단

반도체 소자 size가 100nm 이하로 감소함에 따라 게이트 절연막으로 사용되는 SiO<sub>2</sub>의 두께는 20 Å 이하로 감소하게 되며, 그에 따라 tunneling 효과 등에 의해 leakage current가 크게 증가하는 문제가 발생하게 된다. 하지만 capacitance를 증가시키기 위해서는 게이트 절연체의 두께를 감소시켜야 하는데, SiO<sub>2</sub>의 경우에는 이미 물리적인 한계점에 부딪혔다. 따라서 절연막 두께 감소 없이 capacitance를 증가시키기 위해서는 현재 SiO<sub>2</sub>가 가지는 절연 상수 보다 높은 물질을 사용하여야 하며, 이러한 필요에 의해 소자의 gate 물질로 high-k물질이 응용되어지는 소자의 연구가 활발히 진행되고 있다. 다양한 high-k 물질 중에서도 zirconium dioxide (ZrO<sub>2</sub>)는 높은 유전상수, 넓은 band gap, 적은 leakage current 그리고 우수한 열적 안정성을 갖기 때문에 차세대 gate물질로 주목받고 있다. 하지만 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 소자 표면에 structural disruption, intermixing layer, 그리고 surface roughness증가 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 ZrO<sub>2</sub> 식각에 적용하였다.

본 연구에서는 주기적으로 BCl<sub>3</sub> 흡착과 Ar neutral beam을 주사하는 ALET 공정을 진행하였다. BCl<sub>3</sub> gas pressure와 Ar neutral beam 주사량이 임계값보다 적을 때에는 BCl<sub>3</sub> gas pressure와 Ar neutral beam 주사량이 증가함에 따라 식각률이 증가됨을 관찰 하였다. 그러나 BCl<sub>3</sub> gas pressure와 Ar neutral beam 주사량이 임계값 보다 많을 경우에는 BCl<sub>3</sub> gas pressure와 Ar neutral beam 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 BCl<sub>3</sub> gas pressure와 Ar neutral beam 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.