

## 【T-31】

### 증착조건 및 열처리조건에 따른 HfO<sub>2</sub> 게이트 유전막의 특성

유정호\*, 남석우\*\*+, 남서은\*, 이동원\*, 고대홍\*

\*연세대학교 세라믹공학과, +삼성전자 반도체연구소

반도체 소자의 고집적화 및 고속화가 요구됨에 따라 MOSFET 구조의 게이트 유전막으로 사용되어 왔던 SiO<sub>2</sub>의 두께를 감소시키려는 노력이 이루어지고 있다. 향후 <0.1 $\mu$ m급 소자를 위해서는 10~15Å 이하의 두께를 갖는 SiO<sub>2</sub>가 요구되는데, 이러한 두께 감소는 게이트 누설전류, boron penetration, 다결정 실리콘 게이트의 공핍효과 등의 문제점을 나타낸다. 이러한 한계를 극복하기 위해 절연성이 뛰어나고 유전율이 높으며 유전 손실이 적은 고유전 물질의 개발이 시급하게 요구되고 있다. 고유전 재료는 SiO<sub>2</sub>에 비하여 상대적으로 두꺼운 두께로 동일한 반전층 특성을 유지할 수 있고, 캐리어 터널링을 줄일 수 있어 EOT(Equivalent Oxide Thickness)를 더욱 축소시킬 수 있다는 장점이 있다. 이러한 고유전박막 재료중 가장 활발히 연구되고 있는 재료는 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, STO 그리고 BST등이 있으나 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, STO, BST등은 실리콘 기판과 직접 접촉시 계면에서 상호 확산으로 반응을 일으켜 이를 방지하기 위한 방어막(buffer layer)이 필요한 것으로 보고되고 있으며, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>는 유전율이 낮다(K~10)는 문제를 가지고 있다. 그러므로 실리콘과 열역학적으로 안정한 ZrO<sub>2</sub>, HfO<sub>2</sub> 또는 그 silicates등의 재료가 최근 관심을 끌고 있다. 본 연구에서는 HfO<sub>2</sub> 박막의 증착 조건 및 증착후 열처리조건에 따른 미세구조 변화 및 전기적 특성 변화에 대한 연구를 수행하였다.

P-type (100) 실리콘 기판 위에 reactive DC 마그네트론 스퍼터링 증착법으로 HfO<sub>2</sub> 박막을 증착하였다. 이때 계면으로 확산되는 산소를 막기위해 Hf metal layer를 먼저 증착한 뒤, 기존의 reactive 스퍼터링 방법으로 HfO<sub>2</sub>박막을 증착하였으며, 이 박막을 질소 및 산소 분위기에서 열처리한 후 HfO<sub>2</sub> 박막 및 실리콘 기판과의 계면을 XRD, AES, AFM, TEM, XPS를 이용하여 증착직후의 시편들과 비교 관찰하였다. 또한 Si 표면처리에 따른 계면 특성을 관찰하기 위해서 chemical oxide, thermal oxide층을 성장시킨 후 박막을 증착하였고, 다른 한가지 방법은 Si 표면을 NH<sub>3</sub>로 열처리한 후 박막을 증착하여 박막의 물리적 및 전기적 특성을 관찰하였다. 전기적 특성의 변화는 Al/HfO<sub>2</sub>/p-type (100) Si의 Metal-Oxide-Semiconductor (MOS) 구조를 형성한 후 캐패시턴스-전압과 전류-전압의 측정을 통해 전기적 특성을 분석하였다. 열처리 온도가 증가할수록 HfO<sub>2</sub> 박막

은 orthorhombic과 monoclinic의 상을 갖는 다결정이었으며 박막은 치밀하고 향상된 결정성을 갖음을 관찰할 수 있었다. 산소분위기의 열처리를 행한 경우에 산소가 HfO<sub>2</sub> 박막을 통해 확산되어 계면의 실리콘을 산화시켜 계면산화막이 증가하는 것을 관찰할 수 있었다.

Al/HfO<sub>2</sub>/p-type (100) Si의 MOS구조로 C-V과 I-V 특성을 관찰한 결과 질소분위기의 열처리를 통하여 박막이 치밀화되어 C<sub>max</sub> 값이 증가하고 산소분위기에서 열처리하는 경우는 계면 산화막의 두께증가로 C<sub>max</sub> 및 누설전류가 감소함을 알 수 있었다. 또한 열처리를 통하여 유전상수가 증가함을 관찰할 수 있었다. NH<sub>3</sub> 표면 처리시 HfO<sub>2</sub>박막과 Si 기판사이에 생기는 계면층의 두께는 줄어드는 것으로 관찰되었으나, 트랜지스터의 특성은 열화시키는 것으로 나타났다.