

High-k 물질의 적층을 통한 고신뢰성 EIS pH 센서

장현준, 김민수, 정홍배, 이영희, 조원주

광운대학교 전자재료공학과

ISFET (ion sensitive field effect transistor)는 용액 중의 각종 이온 농도를 측정하는 반도체 이온 센서이다. ISFET는 작은 소자 크기, 견고한 구조, 즉각적인 반응속도, 기존의 CMOS공정과 호환이 가능하다는 장점이 있다. ISFET의 기본 구조는 기존의 MOSFET (metal oxide semiconductor field effect transistor)에서 고안되었으며, ISFET는 기존의 MOSFET의 게이트 전극 부분이 기준전극과 전해질로 대체되어진 구조를 가지고 있다. ISFET소자의 pH 감지 메커니즘은 감지막의 표면에서 pH용액 속의 이온들이 감지막의 표면에서 속박되어 막의 표면전위의 변화를 유발하는 것을 이용한다. 그 결과, ISFET의 문턱전압의 변화를 일으키게 되고 드레인 전류의 양 또한 달라지게 된다. ISFET의 높은 pH감지능력을 얻기 위하여 높은 high-k물질 등이 감지막으로서 연구되었다. Al₂O₃와 HfO₂는 높은 유전상수, non-ideal 효과에 대한 immunity 그리고 높은 pH 감지능력 등 많은 장점을 가지고 있는 물질로 알려졌다.

본 연구에서는, SiO₂/HfO₂/Al₂O₃ (OHA) 적층막을 이용한 EIS (electrolyte-insulator-silicon) pH 센서를 제작하였다. EIS구조는 ISFET로의 적용이 용이하며 ISFET보다 제작 방법과 소자 구조가 간단하다는 장점이 있다. HfO₂는 22~25의 높은 유전상수를 가지며 높은 pH 감지능력으로 인하여 감지막으로서 많은 연구가 이루어지고 있는 물질이다. 하지만 HfO₂의 물질이 가진 고유의 특성상 화학적 용액에 대한 non-ideal 효과는 다른 금속계열 산화막에 비하여 취약한 모습을 보인다. 반면에 Al₂O₃의 유전상수는 HfO₂보다 작지만 화학용액으로 인한 손상에 대하여 강한 immunity가 있는 재료이다. 이러한 물질들의 성질을 고려하여 OHA의 새로운 감지막의 적층구조를 생각하였다. 먼저 Si과 high-k물질의 양호한 계면상태를 이루기 위하여 5 nm의 얇은 SiO₂막을 완충막으로서 성장시켰다. 다음으로 높은 유전상수를 가지고 있는 8 nm의 HfO₂를 증착시킴으로서 소자의 물리적 손상에 대한 안정성을 향상시켰다. 최종적으로 화학용액과 직접적인 접촉이 되는 부분은 non-ideal 효과에 강한 Al₂O₃을 적층하여 소자의 화학적 손상에 문제점을 개선시켰다. 결론적으로 감지막의 적층 모델링을 통하여 각각의 high-k 물질이 가진 고유의 특성에 대한 한계점을 극복함으로써 높은 pH 감지능력뿐만 아니라 신뢰성 있는 pH 센서가 제작되었다.

Keywords: EIS, OHA, ISFET