

Simulation을 통한 Bias Temperature Stress Test (BTS) test 시 Cu의
SiO₂로의 확산에 대한 연구
(The Simulation of Copper Diffusion in SiO₂ during BTS Test)

서울대학교 김기수, 권장연, 김기범

구리 배선 공정에서 고려해야할 문제점들 중에서, 소자의 신뢰성 측면에서 SiO₂로의 Cu의 확산은 중요한 문제들 중의 하나이다. Cu는 Al과는 달리 SiO₂와의 계면의 열적안정성이 좋지 못해서 상대적으로 저온에서 상호확산이 가능하며, 특히 전기장이 인가되어 있는 상황에서는 상대적으로 저온에서도 Cu⁺ ion의 형태로 매우 빠르게 electric field-aided diffusion을 하는 것으로 알려져 있다. 또한 SiO₂로 확산된 Cu⁺ ion은 SiO₂의 절연 특성을 열하시켜서 배선 사이의 누설전류를 증가시켜 소자의 파괴를 유발한다. 따라서, 이 부분에 대한 정확한 이해와 Cu⁺ ion이 SiO₂의 전도기구에 미치는 영향에 대한 평가가 필수적이다.

확산 방정식을 이용한 simulation을 통해서 BTS test 시의 Cu의 확산에 대하여 평가해 보았다. Cu가 SiO₂로 확산해 가는 구동력은 크게 농도구배에 의한 구동력과 전기장에 의한 구동력으로 이루어진다. Cu⁺ ion이 SiO₂내의 potential에 영향을 줄 것을 유무를 고려하여, SiO₂ 내에서 전기장이 일정하다라는 가정과 변화한다는 두 가지의 가정에 의해 simulation을 진행하였다. simulation을 통해 주어진 조건에서의 각각의 구동력의 영향력을 평가하고, Cu의 농도구배, flatband voltage shift 등의 영향을 평가하고, 실험 결과와 비교하여 해석해 보았다.

Fig. 1.에 두 가지 경우의 simulation에 의한 Cu의 농도구배의 변화를 보였다. 각 경우에 Cu의 농도구배가 매우 달라짐을 알 수 있다. Cu 확산에 대한 두 가지의 구동력의 영향을 평가해 본 결과, 2MV/cm 이상의 전기장에서는 농도구배에 의한 구동력의 영향력이 무시할 수 있을 정도로 작아지는 것을 볼 수 있었지만, 실제소자의 작동조건에 가까운 전기장 범위에서는 농도구배에 의한 구동력의 영향도 매우 증가하여 두 가지의 구동력을 동시에 고려해야만 한다는 결론을 얻었다. flatband voltage shift의 시간에 따른 변화는 전기장이 SiO₂내에서 일정하다는 가정 하에서는 parabolic한 양상을 보인 것에 반해, 전기장이 SiO₂내에서 변화한다는 가정 하에서는 실제 실험 결과와 잘 부합되게 직선적인 관계를 보였다. simulation을 통해 구한 Cu⁺ ion의 농도구배와 I-V 측정 결과를 통하여 Fowler-Nordheim tunneling과 같은 전도기구가 소자의 파괴에 지배적이 될 것을 예상 할 수 있었다.

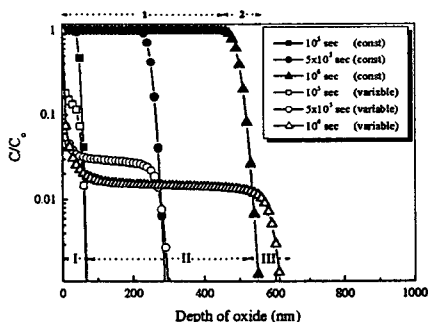


Fig. 1. The evolution of Cu concentration profile in SiO₂ at 100°C and 1 MV/cm. Solid and open symbols indicate the results at constant and variable electric field mode respectively. Regime was indicated in the case of 10⁶ sec graphs in both electric field modes.