

N₂O를 이용하여 질화된 MOS 소자 게이트 산화막의 전하포획 특성분석

잠성수, 문성근, 노관중, 노용한, 이철기
성균관대 전기전자 및 컴퓨터공학과

금속-산화막-반도체 전계효과 트랜지스터에서 게이트 산화막으로 사용되고 있는 실리콘 열산화막(SiO₂)의 열화특성을 개선시키기 위한 노력의 일환으로 지난 수년간 SiO₂를 성장시킨 후 N₂O 가스를 이용하여 질화시키는 방식이 광범위하게 연구되어 왔으나⁽¹⁾, 고전계에서 이들 박막의 전하포획 특성에 대한 체계적 특성분석이 미흡하였다. 본 연구에서는 차세대 게이트 산화막으로 연구되고 있는 N₂O 가스를 이용한 질화산화막을 2-단계 공정으로 성장시킨 후에 참고문헌 (2)에 사용된 방식과 같이 FNT 전자주입을 이용하여 질화산화막의 전하포획 특성을 분석하였으며, 극성 및 두께에 따른 열화 차이를 설명할 수 있는 모델을 제시하였다.

N₂O 가스를 이용하여 열산화막인 SiO₂를 질화시킬 경우 기존에 보고된 바와 같이 절연 파괴 특성을 포함한 게이트산화막의 신뢰성이 전체적으로 향상되었음을 확인하였다. 이는 SiO₂에서 절연파괴를 주도하는 원인으로 보고되고있는 STL 영역의 불완전한 구조를 질화산화막에서는 Si-N 구조로 대체함으로써 이 영역의 스트레스를 줄인 결과로 이해된다⁽³⁾. 본 연구에서는 또한, 고전계에서 FNT 전자주입 방식을 이용하여 전하포획 특성을 분석한 결과 전자 주입시 게이트 전압의 극성 및 질화산화막의 두께에 따라서 열화되는 정도에 차이가 있음을 확인하였다; 질화산화막에 고전계에서 전자를 주입한 결과 게이트로 부터의 전자주입이 기관으로 부터의 전자주입보다 열화에 더 큰 영향을 미쳤으며, 두꺼운 질화산화막이 좀더 쉽게 열화되었다.

상기된 전자주입시 극성에 따른 질화산화막의 열화 차이는 전자를 주입시키는 계면(즉, cathode) 부근에 국부적으로 발생하는 전하에 의해 MOS 소자의 에너지 밴드가 변형⁽⁴⁾되어 발생하는 것으로 이해할 수 있다: 본 연구 결과에서는 게이트 FNT 전자주입 동안 금속/산화막 계면부근에서 정공에 의한 양의 차징이, 그리고 기관 FNT 전자주입 동안에는 산화막/기관 계면부근에서 질소에 의한 전자 트랩에 의한 음의 차징이 확인되었다. 전자주입이 되는 계면부근의 양의 차징은 MOS 소자의 에너지 밴드 형태를 전자주입을 가속시키는 방향으로 변형시킴으로써 질화산화막의 열화를 촉진시키게 된다. 두께에 의존하는 열화 특성의 경우, 질화산화막의 두께가 증가하면 에노드 계면부근에서 충돌 이온화에 의한 전자-정공 쌍의 발생 확률이 증가됨으로써⁽⁵⁾ 금속/산화막 계면부근에서의 양의 트랩의 절대량을 증가시킨다. 이들은 전자의 터널링 확률을 증가시킴으로써 질화산화막 내에 트랩의 발생을 증가시키는 결과를 가져오게 됨으로 두꺼운 질화산화막일수록 쉽게 열화되는 것으로 이해할 수 있다.

[참고문헌]

1. Y. Okada, et al, Appl. Phys. Lett., 63(2), pp.194-196, 1993.
2. Y. Roh, et al, J. Electrochem. Soc., 142(3), pp.1015-1020, 1995.
3. M. Yasuda, et al, Japanese J. Appl. Phys., 30(12B), pp.3597-3600, 1991.
4. N. Bhat, et al, IEEE Trans. ED., Vol. 43, No. 4, pp. 554-560, 1996.
5. D. Arnold, et al, Phys. Rev. B, 49, 10278, 1994.