

열처리 조건이 PECVD Ta₂O₅ 박막 특성에 미치는 영향 (Effects of Annealing Conditions on PECVD Ta₂O₅ Film on Silicon Substrate)

현대 전자 산업 주식 회사, 반도체 연구소

백 용구(白 鎔求), 박 영진(朴 泳震), 김 종철(金 鍾哲), 박 헌섭(朴 憲燮)

초 고집적 소자에서 물리적 한계에 직면한 ONO(SiO₂/Si₃N₄/SiO₂) 충전절연막 대신 새로운 충전절연막으로 기대되는 고유전특성의 Ta₂O₅ 박막에 대한 연구를 하였다. Tantalum Oxide의 제조 방법과 후속 고온 열처리(Annealing)에 따른 전기적 특성 변화에 대해 여러 문헌에서 보고(1-4)되고 있다. 열처리에 의해서 비정질구조가 결정화되며 Grain Boundary에 홈(Groove)과 같은 Micropore 혹은 Crack이 발생하여 Leakage Current가 증가한 것으로 보고(5)되었다. 반도체 소자의 제조 과정에서 필연적으로 겪게되는 열처리 공정에 의해 Ta₂O₅가 결정화되며 이에 따른 Ta₂O₅의 전기적 특성의 열화가 Ta₂O₅의 단점으로 발표된 보고(6)도 있는 반면에 높은 유전 상수와 낮은 누설 전류를 얻었다는 보고(7)도 있다. 이와 같이 아직 Ta₂O₅의 고온열처리에 대한 연구가 부족한 상태이다. 본 실험에서는 PECVD 방법으로 형성한 Ta₂O₅ 박막을 열전도 Tube 및 RTP로 고온 열처리에 의한 Ta₂O₅의 성질 변화에 대해서 연구하였다.

실험 방법

N₂O 가스와 Tantalum Etylate(Ta(C₂H₅O)₅) Metal Organic 가스를 사용하여 PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition) 방법으로 P-type Silicon 기판에 Ta₂O₅ 박막을 증착하고 열처리 조건에 따른 박막특성에 미치는 영향을 조사하였다. 열처리 방법으로는 열전도 Tube를 사용하여 고온에서 O₂, N₂의 분위기로 30분간 열처리 하였고, RTA(Rapid Thermal Anneal) System을 사용하여 O₂의 분위기로 30초간 열처리 하였다. Ellipsometry, FTIR, SIMS, TEM을 통하여 Ta₂O₅ 박막의 물리적 특성을 조사하였으며, Aluminum을 Gate Electrode로 하여 전압에 대한 누설전류, 충전용량을 측정하여 전기적 특성을 조사하였다.

실험 결과

열처리된 Ta₂O₅ 박막은 700°C(RTP:800°C)에서 결정성 핵이 형성되고 800°C(RTP:900°C)에서 완전히 결정화 되는 것을 FTIR, TEM을 통하여 확인하였다.

Silicon 기판위에 PECVD 방법으로 증착된 Ta₂O₅ 박막은 열처리에 의해서 1) Ta₂O₅ 박막의 결정화 2) 계면 SiO₂ 성장이 일어나며, 이로 인하여 고유전 절연막의 특성이 변함을 알 수 있었다. 먼저, Ta₂O₅ 박막의 결정화는 굴절율(그림 1) 및 유전상수(그림 2)를 증가시키는 반면 누설전류특성(그림 3)을 악화시킨다. 그러나 O₂ 분위기에서 열처리하게 되면 Silicon과 Ta₂O₅ 박막 사이에 20-30Å 정도의 계면 산화막을 성장시켜 유전상수의 감소를 가져오지만 누설전류 특성은 향상되었다.

본 실험에서 고집적 소자의 충전 절연막으로 적용 가능한 10⁻⁸A/cm²의 저누설전류 특성의 고유전 Ta₂O₅ 박막을 확인하였다.

참고문헌

1. K. Yamagishi, Y. Tarui, "Photo-CVD of tantalum oxide film from pantamethoxy tantalum for VLSI dynamic memories", *Japan. J. Appl. Phys.* 25, 306(1981)
2. G. S. Oehrein and A. Reisman, "Electrical properties of amorphous tantalum pentoxide thin films on silicon", *J. Appl. Phys.* 54, 6502(1983)
3. H. Shinriki and M. Nakata, "UV-O₃ and Dry-O₂:Two-step annealed chemical vapor deposited Ta₂O₅ films for storage dielectrics of 64Mb DRAM's", *IEEE Trans. Electron Devies* 38, 455(1991)
4. T. Kato and T. Ito, "Interfacial oxidation of silicon substrates through Ta₂O₅ films", *J. Electrochem. Soc.* 135, 2586(1988)
5. S. Roberts, J. Ryan and L. Nesbit, "Selective studies of crystalline Ta₂O₅ films", *J. Electrochem. Soc.* 133, 1405(1986)
6. G. S. Oehrien, F. M. d'Heurle and A. Reisman, "Some properties of crystallized tantalum pentoxide thin films on silicon", *J. Appl. Phys.* 53, 3715(1984)
7. S. Zaima, T. Furuta and Y. Yasuda, "Preparation and properties of Ta₂O₅ films by LPCVD for ULSI application", *J. Electrochem. Soc.* 137, 1297(1990)

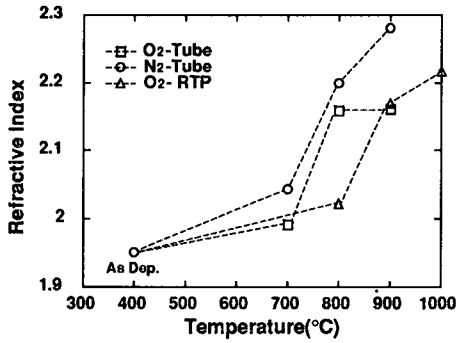


Fig.1 Effects of the thermal treatments on the refractive index of PECVD Ta₂O₅

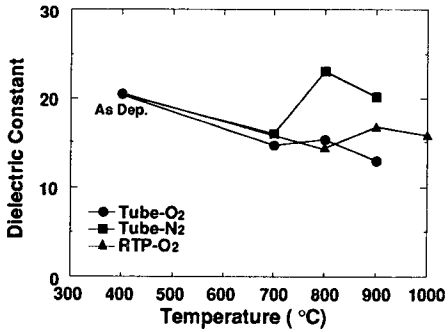


Fig.2 Effects of the thermal treatments on the dielectric constant of PECVD Ta₂O₅

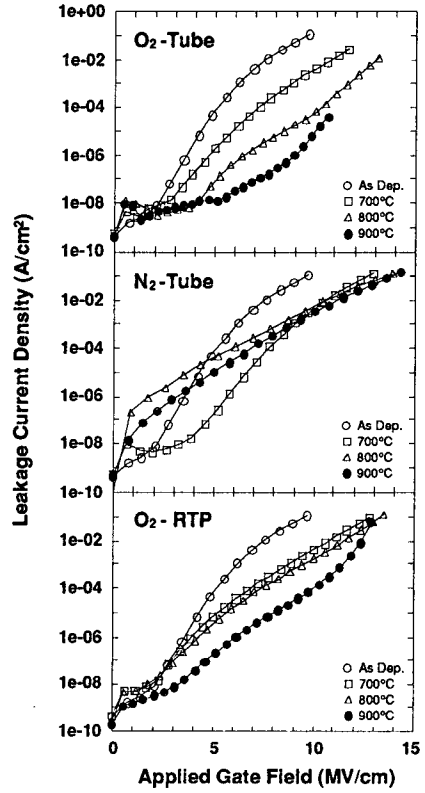


Fig.3 I-V characteristics of Al/Ta₂O₅/p-Si capacitors with PECVD Ta₂O₅ annealed at various thermal treatments