

MOCVD법에 의한 Ta₂O₅ 박막의 계면물성
 (Interfacial Properties of Thin Ta₂O₅ Films by MOCVD)

창원대학교 재료공학과 : 김명호, 윤재홍

1. 서론

반도체의 집적회로가 VLSI에서 ULSI로 진행됨에 따라 기존의 capacitor 재료로 사용되는 SiO₂/Si₃N₄/SiO₂(ONO) 적층구조의 절연막은 두께의 감소가 요구되나, 물리적 두께의 한계성 때문에 높은 유전상수를 갖는 새로운 절연막에 대한 연구가 시급한 상태이다. DRAM(dynamic random access memory)소자 개발에서 가장 큰 문제점은 작은 셀 면적을 갖으면서도 일정한 축전용량을 유지하는 것인데, 캐패시터의 축전용량은 캐패시터의 면적에 비례하고 절연막의 두께에 반비례한다. 따라서 산화막 유효 두께 5nm 이하를 요구하는 64 Mbit 이상의 DRAM에서는 필수적으로 새로운 고유전상수를 갖는 절연막을 필요로 한다.

캐패시터의 절연체는 최대 축전용량값이 커야 하므로 Ta₂O₅가 대체 절연막으로 많은 관심을 받고 있다. Ta₂O₅막 성장 방법으로는 양극산화법, 열산화법, 스퍼터링법 및 화학증착(CVD)법 등이 있으나 막질의 균일성과 치밀성, 낮은 증착온도, 피복성(Step Coverage) 등을 고려하여 CVD법에 의한 Ta₂O₅ 증착에 많은 연구가 진행되고 있다.

그러나 CVD법에 의한 Ta₂O₅ 절연막의 단점은 누설전류가 큰 것인데, 증착후 열처리에 의해 절연특성을 개선시킬 수 있는 것으로 보고되고 있다. 지금까지는 Shinriki 연구팀에 의해 제안된 2단계 열처리 방법이 Ta₂O₅ 절연특성 향상에 효과적인 것으로 알려져 있다.

본 연구에서는 유기금속화합물인 Ta(OC₂H₅)₅를 이용하여 hot-wall LPCVD법으로 증착시킨 후 열처리 조건에 따른 Ta₂O₅막의 물성 및 Ta₂O₅/SiO₂/Si 계면 상태를 조사하였다.

2. 실험방법

2.1 증착방법

n-type (100)인 3 inch wafer 에서 SiO₂ 자연산화막을 제거한 후 유기금속 화학증착법(MOCVD)을 이용하여 Ta₂O₅ 박막을 제작하였는데 반응원료로는 Ta(OC₂H₅)₅와 O₂를 사용하였다(Heraeus 사, 순도 99.99%).

2.2 후속열처리

Hot-wall LPCVD 법으로 제작된 Ta₂O₅ 박막의 구조를 치밀화하고 전기적 특성을 개선하기 위해 UV-오존, dry O₂ 및 N₂ 분위기에서 400~750°C 온도범위와 0.5~20시간 동안 후속열처리를 하였고 산화막의 두께는 ellipsometer 로 측정하였다. Ta₂O₅ 산화막에서 후속 열처리 조건에 대한 산화막의 결합상태를 조사하기위해 안정화 산소 동위원소(stable oxygen isotope) ¹⁸O 을 추적자로 사용하여 600~1000°C 의 확산온도와 확산시간 0.5~5 시간에서 확산 열처리를 하였다.

2.3 산화막의 물성 분석

Ta₂O₅ 박막의 비정질 상태, 결정화 온도 및 결정구조를 관찰하기위해 XRD 분석을 하였고, SIMS(secondary ion mass spectrometry)를 이용하여 후속열처리에 대한 박막두께 및 원소의 농도 분포도를 조사하였다. 후속열처리 조건에 대한 Ta₂O₅ 산화막의 비화학양론성(non-stoichiometry)은 RBS(Rutherford back scattering) 및 SNMS(secondary neutral mass spectrometry)의 분석기술을 이용하여 Ta_{2-x}O₅ 에서의 이탈정도(x)를 계산하였다.

일반적으로 Ta₂O₅ 막은 후속열처리 과정에서 미세균열이 발생하는 것으로 보고되었는데 Ta₂O₅ 박막두께와 Ta₂O₅/SiO₂/Si 계면의 미세구조는 TEM(transmission electron microscopy)과 SEM(scanning electron microscopy)을 사용하여 관찰하였다.