

TEM 분석 기법을 이용한 Cu확산 현상에 대한 연구

김가영, 연태원, 이주희, 유종희, 오준석, 박형순, 김원, 김호정, 이순영
(주)하이닉스반도체 연구소

최근 반도체 소자에서는 미세화된 상부 배선의 한계를 극복하기 위해 기존의 Al보다 전기적, 기계적 성질이 우수한 Cu의 연구가 많이 진행되고 있다. 하지만 Cu는 우수한 특성에도 불구하고 실리콘 산화물로의 확산이 매우 강해서 전기적 열화의 원인이 되고 있다.[1]

본 연구에서는 전기적 열화의 원인인 Cu의 확산 거동에 대하여 TEM (Transmission Electron Microscopy) 분석을 통해 구조적으로 접근해 보고자 한다. 일반적인 TEM 시편 제작 과정에서 필수적으로 가해지는 온도가 높아 추가의 Cu 확산이 일어나기 때문에 이를 방지할 수 있는 제작 조건은 실험을 통해 100°C 이하임을 확인하였고, 전 시편 제작과정을 한계 온도 이하에서 진행하였다. 또한 TEM 분석 시 수렴 전자 빔에 의하여 Cu가 확산되는 현상을 시간에 따라 확인하였으며 이를 방지하기 위해 Low electron beam mode를 이용하여 최대한 짧은 시간에 분석을 진행하였다.

Cu 배선 형성 후 방치 시간에 따른 시편을 분석한 결과, 일정 시간 이후부터 확산에 의한 이물이 형성되고 금속 배선 사이의 절연 층 상부를 통하여 이동하고 있음을 HRTEM (High-resolution TEM)과 EFTEM (Energy Filtering TEM)의 element mapping을 이용하여 확인하였다. STEM-EDS (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy)를 통하여 이물의 조성을 분석한 결과 주성분이 Cu, O임을 알 수 있었고, EELS (Electron Energy Loss Spectrum)를 이용하여 Cu-L_{2,3} edge의 peak shape변화를 분석한 결과 CuO 화합물임을 확인하였다. 이의 화학적 결합상태를 보다 세부적으로 확인하기 위해 평판 형태로 시편을 제작하여 동일한 방치 조건을 진행한 후 XPS (X-ray Photoelectron Spectroscopy) 분석을 진행한 결과, 확산된 구리가 주변의 수분등과 반응하여 Cu₂O, CuO, Cu(OH)₂등으로 이루어진 산화물임을 확인하였다.

참고문헌

- [1] Bu-young Jeon and Chongmu Lee, Journal of the Korean Vacuum Society, Vol 9, No 2, May 2000, pp.102~109