

UHV ECRCVD에 의한 SiH_4/H_2 플라즈마를 이용한 저온 실리콘 에피 증착에 관한 연구

태 홍식, 황 석희, 박 상준, 윤 의준, 황 기웅
서울대학교 전기공학과 및 무기재료공학과

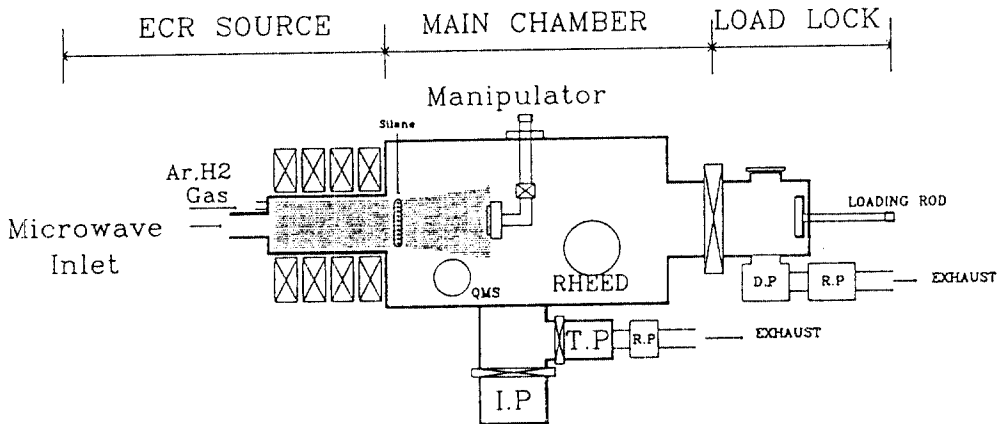
반도체 제조공정에서 ULSI(Ultra Large Scale Integration)의 집적도를 더욱 높이기 위해서는 공정의 저온화가 필요한 바, 저온하에서의 실리콘 성장공정은 불순물의 재분포화 및 auto-doping 효과를 억제할 수 있을 뿐만 아니라 새로운 구조의 소자를 통해 고속, 고집적화된 소자의 제작을 가능하게 한다. 그러나 저온(600°C 이하)에서 양질의 에피성장을 가능하게 하기 위해서는 에피 성장전 실리콘 기판 위에 존재하는 자연산화막 등 오염물질을 저온하에서 완벽하게 제거하여야 하며 에피 성장중 O_2 , H_2O 에 의한 실리콘 표면이 재산화되는 것을 방지하기 위하여 초고진공 반응실에서 에피성장이 수행되어야 하며, 또한 저온성장으로 인한 실리콘 기판위의 adatom들의 surface mobility의 감소문제를 해결하기 위해 반응가스의 플라즈마화가 필요하다. 동시에 성장되는 실리콘 에피 막의 defect를 최소화하기 위한 이온 에너지의 최적제어가 요구된다.

본 연구에서는 초고진공 분위기하에서 상대적으로 이온 에너지가 비교적 낮은 전자 사이클로트론 공명에 의한 SiH_4/H_2 플라즈마를 이용하여 560°C 이하의 저온에서 실리콘 에피 막의 성장 특성을 고찰하였다.

본 장치는 전자 사이클로트론 공명을 일으키기 위한 cavity가 TE_{113} mode로 설계되었고 기판과 ECR layer간의 거리를 조절할 수 있으며 기저압력이 1×10^{-9} torr인 초고진공 장치이며 기저 상태에서의 기체성분을 분석할 수 있는 QMS(Quadruple Mass Spectrometer) 및 기판 세정 정도와 증착된 에피막의 특성을 in-situ로 분석할 수 있는 RHEED (Reflection High Energy Electron Diffraction)가 장착되어 있다. 실험과정은 ex-situ 세정과정, in-situ 세정과정, 실리콘 에피성장 과정으로 이루어지며 사용한 시편은 4 inch (100) n-type 실리콘 웨이퍼($10 \sim 20 \Omega \text{ cm}$)이다.

증착된 에피막의 특성은 반응실내의 초고진공 정도, 증착 전의 기판 세정 정도

뿐만 아니라 실험변수들의 최적제어에 크게 의존한다. 특히 기판에 가해지는 D.C. bias 전압이 in-situ 수소 플라즈마에 의한 기판 세정과 함께 실리콘 에피 성장에 미치는 영향을 SIMS (Secondary Ion Mass Spectroscopy) , XTEM (cross-sectional Transmission Electron Microscopy) 및 RHEED (Reflection High Energy Electron Diffraction)로 분석하였다. 기판에 가해지는 D.C.bias 전압의 극성이 (-)인 전압이 인가된 기판에는 다결정 실리콘이 증착되며 (+)전압이 인가된 기판에는 단결정 실리콘이 증착되었으며, 기판에 인가되는 (+)전압이 증가함에 따라 증착속도가 감소하면서 증착되는 실리콘 막의 단결정성이 향상되었다. XTEM 및 in-situ RHEED 분석에 의하여 기판에 가해지는 D.C Bias 전압 및 ECR layer , SiH₄/H₂ 전체압력 , SiH₄ 부분압 등 실험변수들의 최적제어를 통하여 380℃~560℃영역에서 양질의 단결정 실리콘 막이 성장되며 이 이하의 온도 영역에서는 defect를 갖는 단결정 실리콘 막이 성장됨이 확인되었다.



UHV ECRCVD장치의 개략도