

[IV~18]

C₄F₈/H₂ 헬리콘 플라즈마를 이용한 고선택비 산화막 식각공정시 실리콘 표면의 오염 및 손상에 관한 연구

study of damage and contamination on the etched silicon surface in the highly selective oxide etching using C₄F₈/H₂ helicon plasmas

김 현 수, 이 원 정, 염 근 영

성균관대학교 재료공학과 반도체 공정 연구실

김 정 훈, 황 기 웅

서울대학교 전기공학과

백 종 태

한국전자통신연구소

서론

실리콘 집적회로 제조시 sub-micron 의 contact 형성을 위해서는 기본적으로 높은 식각 속도와 선택비이외에 플라즈마에 노출된 실리콘 웨이퍼 표면에 생성되는 잔류막과 손상이 적고, 이의 제거가 용이한 식각 공정이 요구된다. 이를 위해 플라즈마 장비로는 저압에서 방전이 가능하고 이온 에너지를 독립적으로 조절할 수 있는 고밀도 플라즈마원에 관한 연구가 널리 진행되고 있으며 식각가스로는 높은 C/F 비율을 갖는 C₄F₈, C₂F₆ 등을 이용하거나 수소를 첨가하고 있다. 최근 고밀도 플라즈마를 이용한 고선택비 산화막 식각 공정시 실리콘 표면에 형성된 손상 및 오염에 관한 연구로서는 ECR, ICP 등에 관한 결과가 보고된 바 있으나 헬리콘 플라즈마를 이용한 식각공정시 손상과 오염에 대한 연구는 거의 보고된 바 없다. 본 연구에서는 고밀도 플라즈마원 중 하나인 헬리콘 플라즈마 식각장비를 이용하고 식각 가스로서 C₄F₈/H₂ 를 이용하였으며 과식각 정도와 후처리에 따른 실리콘 표면의 오염 및 손상 거동을 관찰하였다.

실험방법

오염 및 손상 연구에 앞서 선행되어진 산화막 식각 실험과 진단결과를 바탕으로 6000 Å/min 이상의 산화막 식각속도와 PR 과 25 이상의 식각선택비를 보이는 식각조건을 선택하였다. 1.5mTorr 공정압력, 1.5kW source power, -80V 의 bias voltage 에서 C₄F₈, C₄F₈/30%H₂ 식각가스를 이용하였으며 1 μm PSG 층을 50%, 100% 과식각 하는 시간 만큼 산화막 식각을 수행하였다. 식각후 실리콘 표면의 오염 및 손상층의 제거를 위해 O₂ plasma ashing, thermal annealing, wet etching 등을 수행하였으며 또한 각 제조방법별 공정조건의 변화에 따른 제거 정도도 관찰하였다. 표면 잔류막층은 X-ray photoelectron spectroscopy (XPS),

secondary ion mass spectrometry (SIMS) depth profile, spectroscopic ellipsometry (SE) 등에 의해 분석하였으며 전기적 손상 정도는 Au-schottky diode의 I-V 특성곡선의 역방향 전류값 측정결과로 비교하였다.

결과 및 고찰

100% 과식각된 실리콘 표면의 XPS 분석 결과 잔류막은 C, F, O으로 구성되었으며 수소를 식각가스로 첨가한 경우 잔류막의 두께는 증가하고 C/F 비가 감소하였으며 carbon의 주 bonding state가 C-F_x(x=1)에서 C-CF_x로 변화하였다. SIMS depth profile에 의한 분석결과 잔류막 성분인 C, F가 500-700 Å 깊이 만큼 실리콘 내부로 침투되었음을 관찰할 수 있었다.

전기적 손상정도는 C₁F_x, C₁F₈/30%H₂ 식각가스 모두 식각과정을 거치지 않은 시편에 비해 다소 높은 값을 보이며 과식각 시간이 증가할 수록 다소 증가하나 모든 경우에 있어서 20 분간의 400 °C annealing 만으로도 쉽게 제거할 수 있었다. 한편 SIMS depth profile에 의해 전기적 손상의 원인으로 보고되는 수소의 침투정도 관찰하였는데 실리콘 표면으로의 침투정도는 150 Å 이하로 측정되었다. 그러므로 첨가된 수소는 본 실험조건에서 잔류막 성분으로 잔류하기 보다는 분해된 F 라디칼과 결합하여 HF 형태로 제거되는 것으로 판단되며 이는 플라즈마 진단결과와 앞서 언급된 잔류막의 C/F 비 증가로서도 간접적으로 확인할 수 있었다.

결론

본 연구에서는 고밀도 플라즈마원 중 하나인 헬리콘 플라즈마 식각장비를 이용하고 식각 가스로서 C₄F₈/H₂를 이용하였으며 과식각 정도와 후처리에 따른 실리콘 표면의 오염 및 손상 거동을 관찰하였다. 수소첨가시 잔류막의 두께와 결합상태는 변화하였으나 전기적 손상의 증가는 크지 않았으며 식각시 형성된 잔류막과 전기적 손상은 O₂ plasma ashing와 후속열처리로 각각 제거할 수 있었다.

본 연구는 한국전자 통신 연구소의 차세대 반도체 선행 기초 기술 연구의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 XPS 분석에 도움을 연세대 박형호교수님과 사승훈, 왕석주 그리고 SIMS 분석에 도움을 주신 KIST의 윤정현 연구원에게 감사드립니다.