

자의광 여기 NF_3/H_2 가스를 사용한 웨이퍼 세정 공정에서 질량 분석기를 사용한 반응 기구 연구
(Mass spectrometric study on reaction mechanism of wafer cleaning process employing UV
excited NF_3/H_2)

권성구*, 백종태**, 김도현*
한국과학기술원 화학공학과 공정해석연구실*, 전자통신연구소 반도체 부문**

서론

반도체 소자의 고집적화, 고성능화와 신뢰도 향상을 위해서 가장 중요한 기술 중의 하나인 웨이퍼 세정 공정은 가공 선폭이 sub-quarter micron이하로 줄어들어 따라 소자의 수율과 신뢰성에 점점더 큰 영향을 미치고 있다. 특히 design rule이 감소함에 따라 고종횡비 contact hole 세정을 통한 접촉 저항의 저감 및 신뢰도 향상, 양질의 thin gate 산화막 및 다층 절연막의 형성을 위한 자연산화막의 완전 제거 및 재성장 등의 공정을 구현하기 위해서는 기존의 습식 세정 공정의 한계로 인해서 건식 세정 공정의 개발이 필수적이라 할 수 있다. 이러한 건식 세정 공정으로는 remote hydrogen or chlorine plasma cleaning, HF vapor cleaning 및 UV/O₃ cleaning 공정등이 있는데, 특히 향후 박막화가 심화 되면서 절대적으로 요구되는 우수한 계면 성질의 확보를 위해서는 표면 조도의 제어가 절대적이라 할때 건식 세정 공정중에서 표면에 결함을 유발하지 않는 광화학 세정 공정이 여타의 건식 세정 공정에 비해 특히 유망한 공정 중의 하나로 주목받고 있다.

본 연구의 목적은 기존의 습식 세정 공정 공정의 한계를 보완하고, 제어가 용이하며 복합 공정(Clusterization)에 적합한 건식 세정 공정 중 광여기 세정공정의 가스 화학 및 반응 기구를 pseudo in-situ mass spectrometry를 사용하여 연구하였다.

실험

시료는 boron을 확산 주입하여 resistivity가 22-38 Ω -cm 를 나타내며 (100)의 결정 방향을 가진 4" 실리콘 웨이퍼를 15mm×15mm로 잘라서 사용하였다. 유기물의 제거를 위하여 O₂+UV 를 사용하였으며, 자연 산화막의 제거에 NF_3/H_2 +UV 를 사용하였다. 가스의 여기에 사용된 UV lamp는 미국 BHK사의 제품으로 넓은 영역을 효과적으로 조사하기 위하여 grid type이며, 185nm에서의 빛의 조사 강도가 4-5mW/cm²이다.

반응 가스의 여기 특성 및 반응 생성물의 성분 분석은 영국 VG사의 SX200F 질량 분석기를 사용하였다. 표면 조도는 PSI사의 AFM을 사용하여 분석하였으며, 시료 표면의 화학 조성은 독일 Specs사의 LHS10 XPS 를 사용하여 분석하였다.

결과 및 토의

자연 산화막의 식각 속도를 직접적으로 분석하기 어렵기 때문에, 질량 분석기를 사용하여 배기 가스중의 SiF₃와 NO₂농도를 분석하여 간접적으로 식각 속도를 조사하였다. SiF₃와 NO₂의 농도는 H₂의 유량이 증가함에 따라 20sccm의 총 유량중 수소 유량이 약 10sccm일 때 최대를 보이다가 수소 유량이 더욱 증가함에 따라 다시 감소하였다. 여기서 $NF_3 + UV$ 와 $H_2 + UV$ 의 경우에는 식각이 거의 일어나지 않으며, H₂가 첨가 되어야지만 식각이 진행된다는 것을 알 수 있었다. 이를 알아보기 위해서 시료를 반응기에 장입하지 않고 반응 가스만을 주입한 후 UV ON/OFF에 따른 배기 가스의 성분을 질량 분석기를 사용하여 조사하였다. 수소의 유량이 약 2sccm 이상에서, HF의 농도가 거의 maximum이 되었다가 점차적으로 NF_3 가 희석되면서 HF의 농도가 서서히 감소한다. F의 경우에는 NF_3 의 F와 free F가 질량 분석기에서 더해져서 측정되는데, 여기서는 수소 유량이 약 10sccm에서 가장 높았다. 이 결과와 앞의 식각 속도 결과로부터 NF_3 에 수소가 첨가되어야 자연 산화막의 식각이 진행되며, 식각 생성물중에 NO₂의 발생으로부터 NF_x 도 수소 첨가시에는 식각에 참여함을 알 수 있으며, F의 농도와 식각속도 경향으로부터 F도 식각에 참여함을 미루어 짐작할 수 있다. 따라서 자외광 여기된 NF_3/H_2 가스를 사용한 자연산화막의 제거 공정에서 가장 중요한 식각 종은 HF이며, HF는 또한 F와 NF_x 를 식각 반응에 참여하도록 하는 중요한 역할을 한다는 것을 알 수 있었다.