

SIMS depth profile을 이용한 중성빔 특성 분석 및 flux 향상방안 Study of neutral beam characteristics using SIMS depth profile and improvement of neutral beam flux

김성우¹, 박병재¹, 민경석¹, 강세구¹, 염근영^{1,2}
(1) 성균관대학교 신소재공학과
(2) 테라급 나노소자 개발 사업단

초 록 : low angle forward reflected neutral beam etching system으로 식각한 후 SIMS depth profile을 이용하여 에너지 침투 깊이에 따른 중성빔 에너지를 분석하여 중성화 과정에서 에너지와 flux의 손실이 있었다. 기존의 two-grid 대신에 three-grid를 사용하여 에너지의 변화없이 이온 flux 및 중성빔 flux가 향상됨을 알 수 있었다.

1. 서 론

기존의 플라즈마 식각 공정에서 발생할 수 있는 charged particle, UV 등에 의한 손상을 줄이기 위하여 저손상 식각 방법 중의 하나로 중성빔 식각 기술이 활발히 연구되어지고 있다.^[1-3] 이전 연구를 통하여 “low angle forward reflected neutral beam 식각장치”를 개발하였으며,^[4] 이는 낮은 각도로 경사진 flat한 surface에 1-500eV 에너지 영역의 이온들이 충돌하여 charged exchange 반응을 일으켜 중성빔으로 변환하는 방식이다. 이때 추출된 이온의 중성화를, 중성빔 에너지와 분포도, 중성빔 flux 및 산란각 등의 특성을 파악하는 것이 매우 중요하며, 이와 더불어 low energy 영역에서의 flux 향상 방안에 대하여 알아보았다.

2. 본 론

2.1 SIMS depth profile을 이용한 중성빔 에너지 분석

현재 중성빔의 특성을 직접 분석할 수 있는 방법은 없는 상황이며, 이에 본 연구에서는 SIMS(secondary ion mass spectroscopy) depth profile을 이용하여 간접적으로 중성빔 특성 분석을 시도해보았다. 측정하고자 하는 중성빔의 에너지가 물리적 에너지임을 고려하여 물질의 표면에 중성빔이 수직으로 입사될 때 표면과 충돌 후 침투되어 들어가는 깊이는 입사 에너지에 비례하는 원리를 이용하였다. 기관으로는 (100) Si wafer를 사용하였으며, 실제 공정에 사용하는 에너지 영역의 침투깊이를 알아보기 위하여 낮은 에너지에서도 깊이 침투할 수 있는 질량이 작고 가벼우며, 기관 내부에 자연적으로 존재하지 않는 중수소 (D₂, deuterium)을 이용하였다. 이때 입자의 질량이 가장 가벼운 수소 가스 (H₂)를 이용하여 중성빔의 에너지를 관찰하고자 하는 경우에는 실리콘 내부에 이미 존재하는 수소 입자로 인해 관찰이 불가능하였다.

표 1. D⁺ 이온 및 원자의 최대 침투깊이 측정 (SIMS)

Incident beam energy (V)	D ⁺ Implantation depth (Å) (Simulation)	D ⁺ Implantation depth (Å) (no reflection)	D ⁺ Implantation depth (Å) (5°reflection)	D ⁺ Implantation depth (Å) (15°reflection)
1000	430	486	433	368
600	310	321	294	276
400	240	233	212	186

표 1은 acceleration voltage와 reflection angle에 따라 중

수소 이온의 reflection 전·후에 대한 최대 침투깊이를 SIMS depth profile을 이용하여 관찰한 결과이다. 먼저 TRIM CODE를 이용한 시뮬레이션으로 이온 에너지에 따른 실리콘 기관으로의 침투 깊이를 예상해 보았으며, 실제 중수소 이온의 침투실험을 통해 이와 비교해 보았다. 이후 위 실험결과와 reflection된 중수소 중성빔의 침투 깊이와 비교함으로써 중성화 과정에서의 energy loss 및 flux 손실 등을 예측하였다. 그 결과 추출된 이온의 입사각이 5° 일 때 입사에너지의 약 12%, 15°일 때 입사에너지의 약 20-30% 정도의 에너지 손실을 관찰 할 수 있었다. 또한 추출된 이온의 약 99% 이상이 reflection 후 중성화 되는 것을 관찰할 수 있었으나, reflection 과정에서 어느 정도의 flux 감소를 확인할 수 있었으며 이는 에너지에 따라 변화되었다.

2.2 Grid 디자인 변화에 따른 flux 향상 방안 연구

동일한 energy에서 flux를 향상시킬 방안으로 two-grid system에서 three-grid system으로 변화시켜 추출된 이온 빔의 flux와 에너지를 측정하고 실제 식각을 통해 이를 확인해 보았다.

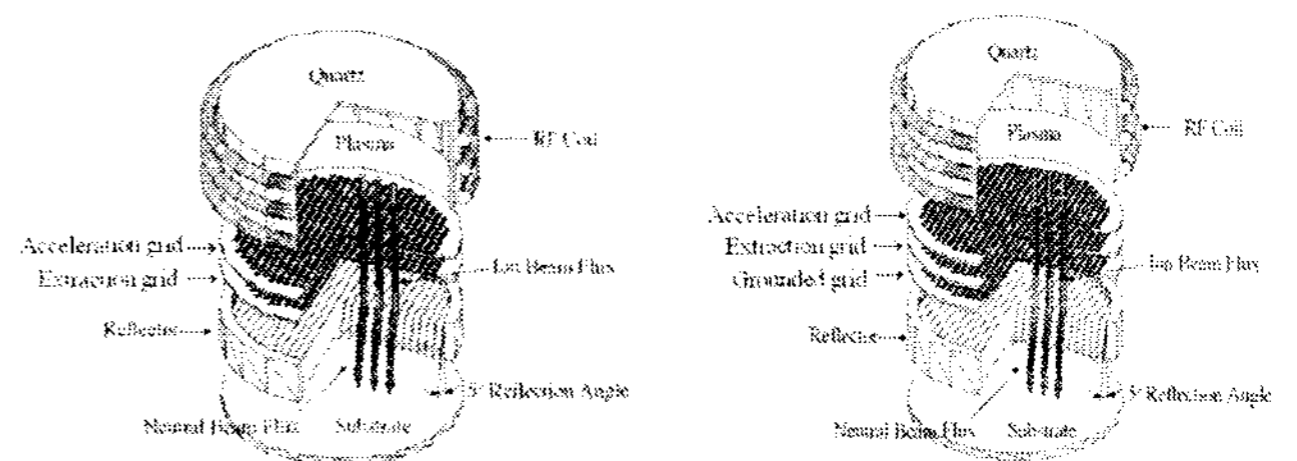


그림 1. low angle forward reflected neutral beam system의 개략도 (a) two-grid ion gun system 과 (b) three-grid ion gun system

Three-grid를 이용시 2nd grid에 negative voltage를 증가시킴에 따라 에너지의 변화없이 더 높은 이온 flux를 얻을 수 있었다. two-grid 대신 three-grid를 사용하는 경우, 2nd grid에 높은 negative voltage가 어느 정도 이상을 인가해줌으로써 1st grid로부터 추출되는 이온들이 좀 더 집중하게 되어 같은 에너지 조건에서 더 높은 flux를 얻을 수 있음을 faraday cup으로 확인할 수 있었다.

이를 이용하여 두 system의 중성빔 flux를 간접적으로 비교하기 위하여 그림 1과 같이 각각 중성빔 발생부를 장착하여 Ar 중성빔을 형성시켜 Si, GaAs를 식각하여 본 결과 faraday cup 측정값과 유사한 결과를 얻을 수 있었다.

3. 결 론

SIMS depth profile 방식을 통해 이온의 중성화 과정에서 일어나는 에너지와 flux의 감소를 관찰해 봄으로써 중

성빔 특성을 간접적으로 알 수 있었으며, three-grid를 사용함으로써 기존의 two-grid 사용시 보다 에너지 변화없이 이온 flux 및 중성빔 flux의 향상을 관찰할 수 있었다. 이는 향후 중성빔 식각 공정을 진행하는데 있어 중요한 역할을 할 것으로 사료된다.

감 사 의 글

본 연구는 한국 과학기술부 주관의 21세기 프론티어 연구개발 사업단(테라급 나노소자 사업)에 의하여 지원으로 이루어졌습니다.

참 고 문 헌

- [1] J. Yamamoto, T. Kawasaki, H. Sakaue, S. Shingubara and Y. Horiike, "Digital etching study and fabrication of fine Si lines and dots", Thin Solid Films 225, 124, 1993.
- [2] T. Yunogami, T. Mizutani, K. Suzuki and S. Nishimatsu, "Radiation Damage in SiO₂/Si Induced by VUV Photons", Jpn. J. Appl. Phys. 28, 2172, 1989.
- [3] K. Yokogawa, T. Yunogami and T. Mizutani, "Neutral-Beam-Assisted Etching System for Low-Damage SiO₂ Etching of 8-Inch Wafers", Jpn. J. Appl. Phys. 35, 1902, 1996.
- [4] D. H. Lee, J. W. Bae, S. D. Park and G. Y. Yeom, "Development of a low angle forward reflected neutral oxygen beam for materials processing", Thin Solid Films 398, 647, 2001.