

MEMS 가공을 위한 실리콘 Deep Etching 기술 연구

김진현 · 이종권 · 류근걸 · 이윤배 · 이미영 · 김우혁

A Study on Deep Etching technology for MEMS process

Jinhyun Kim, Jongkwon Lee, Kunkul Ryoo
Younbae Lee, Miyoung Lee, and Woohyuk Kim

요 약 본 연구에서는 STS-ICP ASEHR을 이용하여 Etch와 Deposition 공정을 반복하여 에칭을 하는 Bosch 식각에 관하여 연구하였다. 기본적인 Etch rate의 변화는 Etching하고자 하는 Wafer에 Deposition된 PR 또는 SiO₂의 두께와 Etching하고자 하는 Wafer의 Depth 및 Pattern size가 영향을 준다. 그러나 이러한 기본적인 변수 외에 STS-ICP ASEHR 장비의 Platen power, Coil power 및 Process pressure에 다양한 변화를 주어 각 변수에 따른 Etch rate을 관찰하였다. 각 공정별 변수를 준 결과 Platen power 12W, Coil power 500W, Etch/Passivation Cycle 6/7sec 일 경우 Etch rate은 1.2 μm/min 이었고, Sidewall profile은 90±0.2°로 나타나 매우 우수한 결과를 보였다. 이는 ICP를 이용한 Bosch Process에 의한 결과임을 확인할 수 있었다.

Abstract In this study Bosch etching process repeating etch and deposition by STS-ICP ASEHR was evaluated. Fundamentally etch depth changes were affected by thickness of deposited PR, SiO₂ and depth, and pattern size on the substrate. However etch rates were observed to be changed by variable parameters such as platen power, coil power, and process pressure. Etch rate showed 1.2 μm/min and sidewall profile showed 90±0.2° with platen power 12W, coil power 500W, and etch/passivation cycle 6/7sec. It was confirmed that this result was very typical to Bosch process utilizing ICP.

Key Words : Plasma, ICP, Deep Etching, Bosch Process

1. 서 론

반도체 제조 공정 중 플라즈마공정이 차지하는 비중은 30% 이상이고, 플라즈마 에칭은 폴리 실리콘, 산화막과 메탈 등의 중요한 에칭공정과 평면 디스플레이(FPD) 제조공정에 크게 사용되고 있다. 최근 들어 반도체 공정이 MEMS(Micro Electro Mechanical Systems) 공정에 응용됨으로써 플라즈마 식각기술의 괄목할 만한 발전이 이루어졌다. 특히 식각속도, Aspect Ratio, 등방성 및 식각각도 등에서 획기적인 변화가 이루어지고 있다. ICP(Inductively Coupled Plasma)는 기존의 증착장치에 유도결합식 플라즈마(이하 ICP로 기술)를 추가로 발생시켜 증착막의 특성을 획기적으로 개선시키는 가장 최근에 개발된 기술이며, 아래에 기술한 바와 같이 여러 방면에서 응용이 가능한 장점이 있다. ICP법은 이온

에너지를 증가시키지 않고도 이온밀도를 높이고 이온입자들에 방향성을 가할 수 있으며, ICP 발생장치는 구조가 복잡하지 않아서 기존의 장치를 간단히 변형시켜 장착을 할 수 있기 때문에 PECVD, ARE(Activated Reactive Evaporation) 등 대부분의 플라즈마를 이용하는 공정에 응용될 수 있어 앞으로의 전망이 매우 밝다. 그러나 기존의 ICP 장치는 유전체 창(석영, 알루미늄) 외부에 ICP 안테나를 설치하여 고주파 전력을 간접 전달하는 방식을 사용하였는데, 치명적인 단점은 이 창의 내부에 도전성 물질(금속, TiN 등)이 코팅되면 전혀 전력 전달이 되지 않아 플라즈마를 유지할 수 없다는 점이 있다. 따라서 현재 일부 개발된 장비들도 유전체 박막 등 제한적으로만 응용이 시도되고 있다. 또한 내부의 유전성 물질을 계속적으로 Cleaning해 주어야 하는 유지보수의 문제와 대면적의 유전체 창의 제작과 유지에 있어서 기계적 강도가 문제가 되기 때문에 대형화에의 적용에 많은 어려움을 안고 있다. 최근 ICP 발생 코일을 스퍼터링 장치 내부에 삽입하여 실리콘 기판 위에 금속물질을 증착

하였는데 이때 금속의 이온화율이 기존의 스퍼터링법보다 월등히 증가하는 것이 발견되었다. 내부 삽입형 ICP를 이용한 증착 공정은 코일을 내부에 삽입하므로 유전체 창이 필요 없으며 스테인레스 챔버 내부에 직접 장착할 수 있어 대형화가 유리하다. 또한 기존의 어느 공정보다 높은 이온화율과 이온 밀도를 얻을 수 있다는 큰 장점을 지니고 있다. 현재 상용화되어 증착 공정에서 많이 사용되는 마그네트론-스퍼터링의 경우 입자의 이온화율이 10%를 넘지 못하는데 반하여 ICP-스퍼터링의 경우 약 80%까지 증가시킬 수 있는 것으로 보고되고 있다[1,4,5]. 이를 이용하여 ICP Etching에 관한 연구를 하고자 한다.

2. 실험

2.1 실험장치

본 연구에서는 그림 1에서와 같이 Model STS-ICP ASE^{HR} Etcher를 사용하여 본 연구를 수행하였다. 그림 2, 3은 STS-ICP Etcher의 Chamber 내부에 시편을 장입하기 전과 시편이 완전히 Loading된 후 공정이 시작된 그림이다.

본 연구에 사용되는 Gas는 SF₆와 C₄F₈, O₂를 사용하



그림 1. STS-ICP ASE^{HR} Etcher

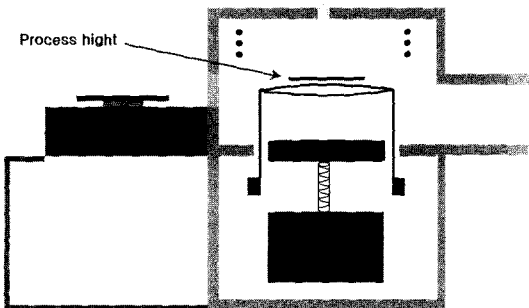


그림 2. STS-ICP Etcher 시편 장입 전 장치 개략도

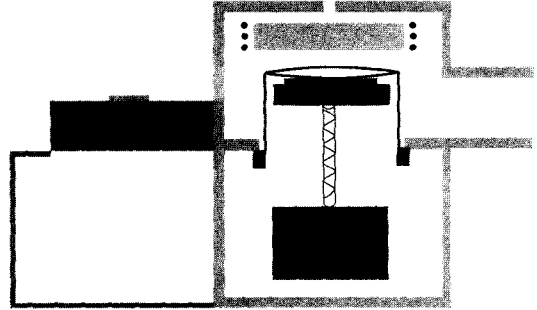


그림 3. STS-ICP Etcher 공정 진행 중

표 1. Etch 공정 변수

SF ₆	100~150 sccm
O ₂	10~15 sccm
Cycle time	5~10 sec
Pressure	10~15 mT
Coil power	500~1000 W
Platen power	10~15 W

표 2. Passivation 공정 변수

C ₄ F ₈	100~150 sccm
Cycle time	5~10 sec
Pressure	10~15 mT
Coil power	500~1000 W

였고, Etch공정과 Passivation 공정별 Cycle Time과 Press, Coil Power, Platen Power를 표1와 2에서와 같이 다르게 주어 진행하였다. SEM을 통해 Etching된 시편의 미세조직을 관찰하였다. 여기서 C₄F₈, SF₆의 단위 sccm은 Standard Cubic Centimeter per Minute의 약자로서, 이하 sccm이라 표기하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 각 공정별 Etching 후 미세조직 관찰

각각의 공정 후 Etch Rate과 Scallop 크기를 SEM을 이용하여 측정하였다. 전체 식각 시간은 15분으로 동일하게 주었고, Etch Step의 시간을 5초로 변화시키고 나머지 다른 변수는 SF₆ 100sccm, C₄F₈ 100sccm, Coil Power 600W, Platen Power 10W, Pressure 10 mT로 고정하여 실험하였다. 그림 4는 Etch Step을 5초 주었을 때의 미세조직 사진이다. 그림 5는 10만배로 확대하

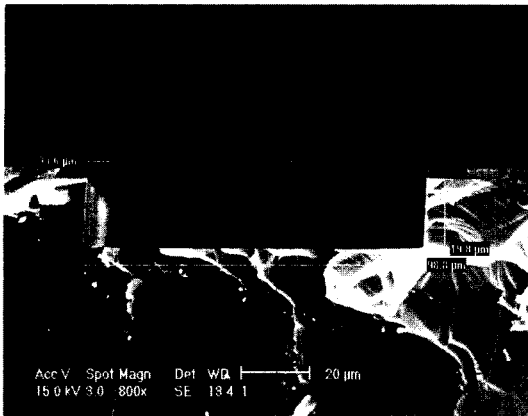


그림 4. Etching 후 미세조직, Etch rate : 1.32 $\mu\text{m}/\text{min}$, Profile : 90.8°

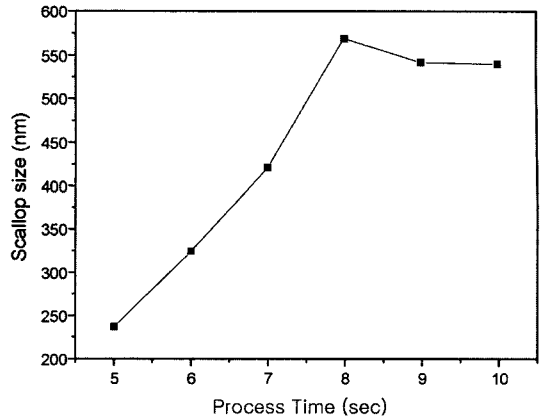


그림 7. 식각 시간에 따른 Scallop size 변화

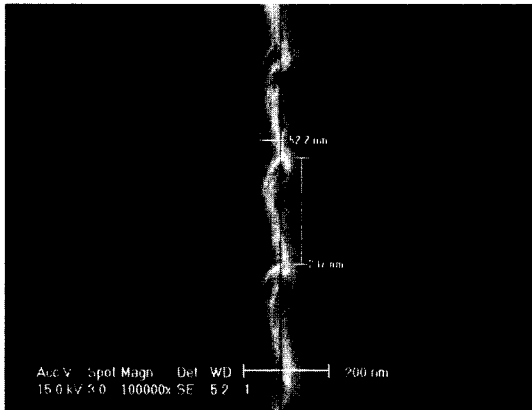


그림 5. Etching 후 미세조직, Scallop size : 237 nm

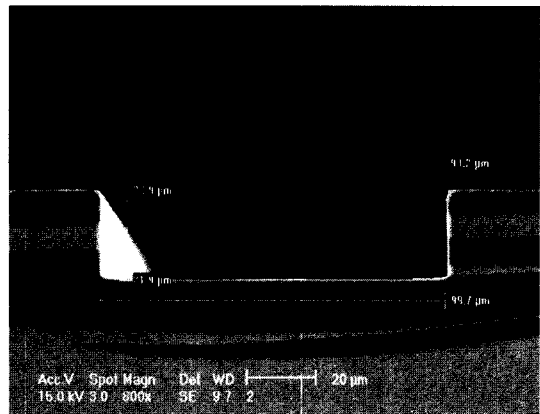


그림 8. Etching 후 미세조직, Etch rate : 1.46 $\mu\text{m}/\text{min}$, Profile : 90.61°

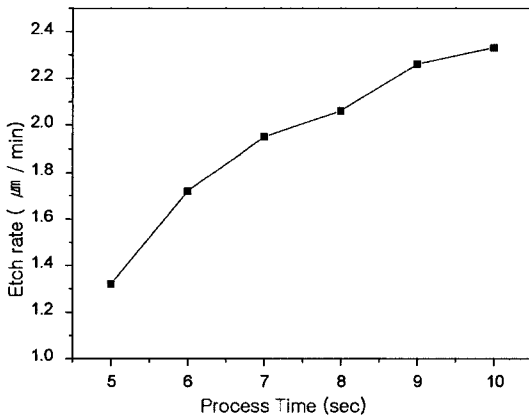


그림 6. 식각 시간에 따른 Etch rate 변화

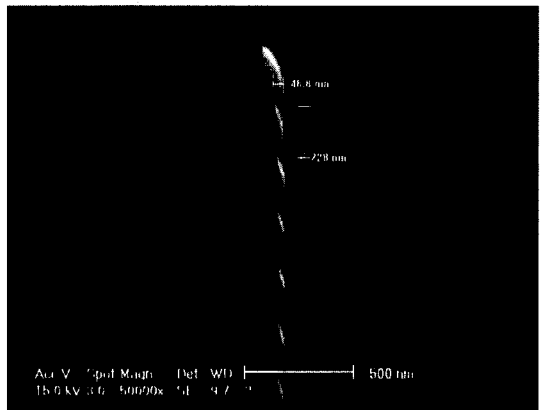
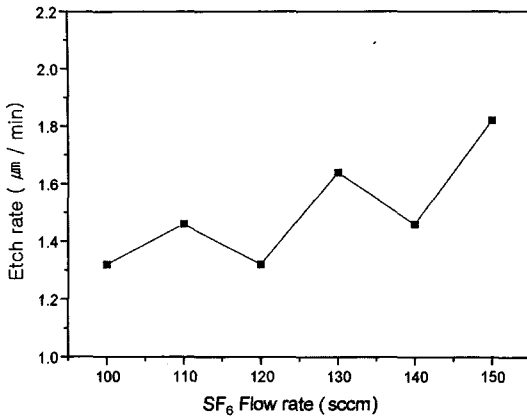
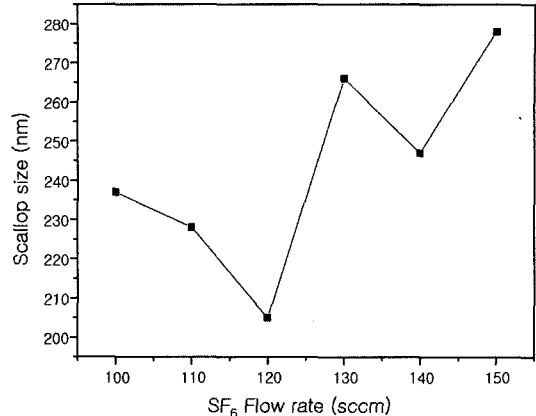


그림 9. Etching 후 미세조직, Scallop size : 228 nm

여 측벽의 Scallop 크기의 미세조직 사진이다. 그림 6에서 Etch Step 시간이 길어 질수록 Etch Rate는 증가함을 보이고 있으나 그림 7에서는 Scallop Size는 8초에

서 가장 크게 나타내었다. 그림 8과 9는 Etch Step 5sec, Passivation Step 5sec, C_4F_8 100sccm, Coil Power 600W, Platen Power 10W, Pressure 10 mT로 고정하고 SF6 량

그림 10. SF₆ 변화에 따른 Etch rate 변화그림 11. SF₆ 변화에 따른 Scallop size 변화

만 변화하여 실험한 미세조직이다. Etch Step의 변화와 다르게 Etch Rate의 변화가 경향성 없이 일정 Gas량에서 증가하는 경향을 나타내고 있다. Scallop Size 변화에서도 일정량의 Gas에서 크게 증가함을 볼 수 있었다.

4. 결 론

실험 결과 Etch Step의 변화에서 8sec일 경우에 식각 속도 및 Scallop 크기가 가장 안정적이고 크게 나타남을 확인 할 수 있었다. 이는 Etch Step하나의 변화에서 Scallop Size의 최대 조건은 8sec 이상이라는 것을 알 수 있었다. SF₆ Gas 변화에서는 130 sccm과 150 sccm에서 가장 높은 Etch Rate와 Scallop size를 형성함을 알 수 있었다. 위의 두 가지 조건의 변화에 따른 연구 결과 실제 Etch Rate에 영향을 주는 인자들은 전체 공정 시간과 Cycle Time, Gas Flow Rate 이라는 것을 알 수 있었으며, 추후 Coil Power, Platen Power, Process Press를 변화 시켜 선행 연구 결과와의 상관 관계를 규명 할 수 있을것이라 제안한다. 최종적인 연구의 결과로 최적의 ICP 공정조건을 확립할 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구과제는 2003년도 순천향대학교 교내과제(과제 번호 : 20030140)의 일환으로 진행되었습니다. 본 연구를 수행하는 전체 과정에 도움을 준 (주)제이엠엘 심용진 사장님께 감사 드립니다.

참고 문헌

- [1] 이겨래, "플라즈마 식각 공정에서 벽면에 입사한 이온에 의한 바닥 식각 특성의 변화", 서울대학교, pp. 32-36, 2000.
- [2] S. A. MacAuley, H. Ashraf, L. Atado, A. Chambers, S. Hall, J. Hopkins and G. Nicholls "Silicon micromachining using a high-density plasma source" 2001 IOP Publishing LTD, pp. 56-59, 2001.
- [3] J. Bhardwaj, H. Ashraf, A. McQuarrie "Dry silicon etching for MEMS" ECS 97, pp. 4-9, 1997.
- [4] Y. Kawamoto, T. Kaqa, "A 1.28μm² bit-line shielded memory cell technology for 64Mb DRAM", in proc Symp. VLSI Technol, pp. 13-14, 1990.
- [5] J. Hopwood, "Plasma Sources" Sci. Technol Vol. 1, No. 109, 1992.