

ICP를 이용한 Bosch 식각에 관한 연구

김진현, 류근걸, 김장현*

순천향대학교, (주)제이엠엘*

A Study on Bosch etching by Inductive Coupled Plasma

Jin-Hyun Kim, Kun-Kul Ryoo and Jang-Hyun Kim*

Soonchunhyang Uni., JML*

Abstract

MEMS(Micro Electro Mechanical System) 기술에서 실리콘 식각기술의 중요성으로 플라즈마 식각기술의 개발이 꾸준히 진행되고 있다. 이 중에서 ICP(Inductive Coupled Plasma)는 기존의 증착장치에 유도결합식 플라즈마를 추가로 발생시켜 증착막의 특성을 획기적으로 개선시키는 가장 최근에 개발된 기술이며, 이온에너지를 증가시키지 않고도 이온밀도를 높이고 이온입자들에 방향성을 가할 수 있는 새로운 플라즈마 기술로, 주로 MEMS 제조공정에 응용되고 있다. 본 연구에서는 STS-ICP ASE^{HR}을 이용하여 식각과 증착공정을 반복하여 식각을 하는 Bosch 식각에 관하여 연구하였다. STS-ICP ASE^{HR} 장비의 Platen power, Coil power 및 Process pressure에 다양한 변화를 주어 각 변수에 따른 식각속도를 관찰하였다. 각 공정별 변수를 변화시킨 결과 Platen power 12W, Coil power 500W, 식각/Passivation Cycle 6/7sec 일 경우 식각속도는 1.2 μ m/min 이었고, Sidewall prpfile은 90 \pm 0.7 $^\circ$ 로 나타나 매우 우수한 결과를 보였다.

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

1. 서론

최근 들어 MEMS 공정의 플라즈마 식각기술의 괄목할 만한 발전이 이루어졌다. 특히 식각속도, aspect ratio, 등방성 및 식각각도 등에서 획기적인 변화가 이루어지고 있다. ICP는 기존의 증착장치에 유도결합식 플라즈마를 추가로 발생시켜 증착막의 특성을 획기적으로 개선시키는 가장 최근에 개발된 기술이며, 여러 방면에서 응용이 가능한 장점이 있다. ICP의 가장 큰 특징은 웨이브와 플라즈마와의 출력 결합에 자기장이 요구되지 않기 때문에 가장 간단한 구조를 가지고 있다는 것이다. 고밀도 플라즈마 발생 장치에 비해 출력 결합 효율의 측면에서 비교적 낮은 편이기는 하나, 자기장이 사용되지 않으므로 공간적인 균일성 확보에 큰 이점을 갖는다. 최근에는 출력 결합의 효율성을 높이고, 공간 분포의 균일성의 향상을 위해 약한 자기장이

축 방향으로 가하기도 하며, RF 출력 전달에 있어 효율적인 헬리컬 공진 장치가 제시되기도 하였다. RF 안테나는 그 응용 공정의 특성에 의해 실린더 장치의 측면이나 상단부에 위치되기도 한다.^[2,3] ICP는 이온에너지를 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, 알루미나) 외부에 ICP 안테나를 설치하여 고주파 전력을 간접 전달하는 방식을 사용하였는데, 이 창의 내부에 도전성 물질(금속, TiN 등)이 코팅되면 전혀 전력 전달이 되지 않아 플라즈마를 유지할 수 없다는 단점이 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 증착하였는데 이때 금속의 이온화율이 기존의 스퍼터링법보다 월등히 증가하는 것이 발견되었다. 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] 본 연구에서는 ICP 플라즈마 시각에 관여된 여러 변수들에 따른 식각에 관한 연구를 하고자 한다.

2. 실험

본 연구에서는 그림 1에서와 같이 Model STS-ICP ASE^{HR} Etcher를 사용하여 본 연구를 수행하였다. 그림 2은 STS-ICP Etcher의 Chamber 내부에 시편을 장입하기 전과 장입공정이 시작될 개략도이다.

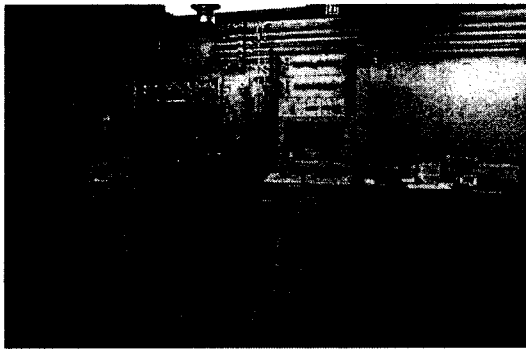


그림 1. STS-ICP ASE^{HR} Etcher

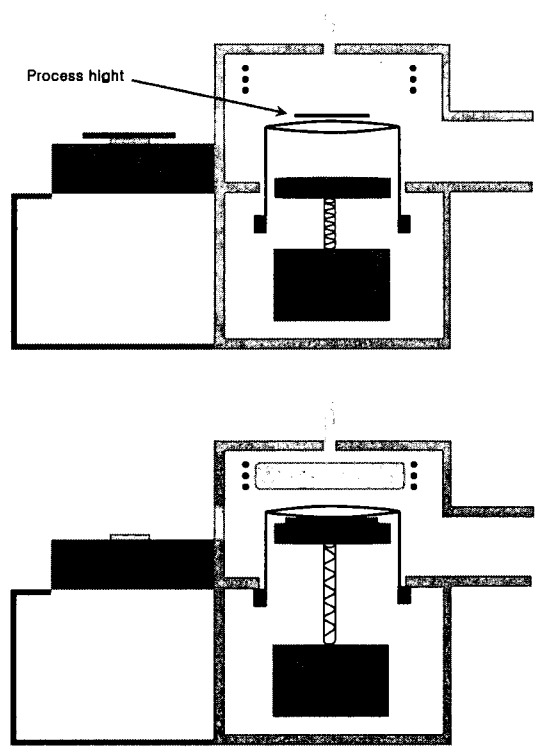


그림 2. STS ICP Etcher의 단면도

본 연구에 사용되는 가스는 SF₆와 C₄F₈, O₂를 사용하였고, 식각공정과 Passivation 공정별 Cycle time과 Press, Coil power, Platen power를 표1와 2에서와 같이 다르게 주어 진행하였다.

표 1. 식각 공정 시 변수

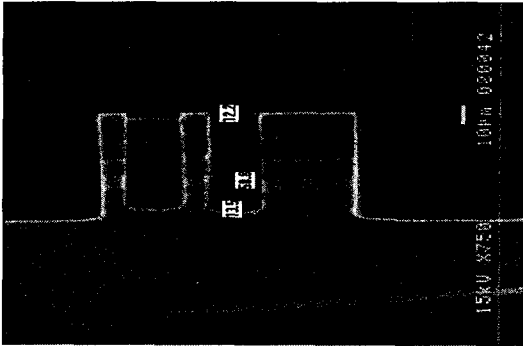
SF ₆	130 sccm
O ₂	13 sccm
Cycle time	5~7.5 sec
Pressure	10~25 mT
Coil power	500~1200 W
Platen power	12~21 W

표 2. Passivation 공정 시 변수

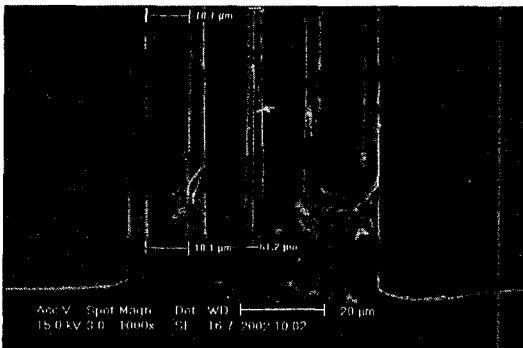
C ₄ F ₈	100~110 sccm
Cycle time	5~7 sec
Pressure	10~25 mT
Coil power	500~1200 W

3. 결과 및 고찰

각각의 공정 후 식각속도와 Sidewall profile을 SEM을 이용하여 측정하였다. 각 공정별 SF₆와 O₂ 가스의 유속은 130 sccm과 13 sccm으로 고정하고, Cycle time과 압력, Coil power, Platen power에 변화를 주어 공정을 진행하였다. 일부 시편은 100 sccm으로 고정하였고, 그림 3의 (c) 시편은 식각 공정 시 C₄F₈ 가스를 50 sccm을 추가하여 공정하였다. 그림 3에서 알 수 있듯이, 식각속도에 관계없이 Sidewall profile이 90.0~90.7°의 매우 높은 수직도를 유지하고 있음을 알 수 있었다. a)와 b)에서 알 수 있듯이 식각단면의 크기에 따라 약간의 식각속도 차이가 있음을 확인하였다.



a) 식각속도 : 1.69 μ m/min, Profile : 90.7°



b) 식각속도 : 1.22 μ m/min, Profile : 90°



c) 식각속도 : 0.55 μ m/min, Profile : 90.1°

그림 3. 식각후의 단면도

기본적인 식각속도의 변화는 웨이퍼에 증착된 PR의 종류와 두께, Pattern size 에 따른 것이다. 각 조건 변수에 따른 식각속도를 관찰 한 결과 압력과 Coil power, Platen power, Cycle time 에 따라 식각속도가 변하는 것을 알 수 있었다. 그림 4는 Platen power에 변화를 주었을 때의 식각속도 변화를 나타낸 것이다. Platen power를 12, 20W로 주었을 때 식각속도 분포가 직선형을 변함을 알 수 있다. 또한 그림 5는 압력에 따른 식각속도 변화인데 압력 조건에 따라 식각속도가 증가함을 알 수 있었다. 그림 6은 Coil power에 따른 식각속도 변화를 나타내고 있는데, Coil power 증가에 따라 식각속도가 증가함을 알 수 있었다. 표 4는 공정 변수에 따른 식각속도를 나타내고 있다.

표 3. 식각속도에 따른 공정 변수

식각속도 (μ m/min)	식각 depth (μ m)	Process Cycle time(sec)	Process pressure (mT)	Coil power (W)	Platen power (W)
0.55	7.64	6 / 7	10	500	12
1.16	51.8	5 / 6	10	500	12
1.22	61.2	6 / 7	15	600	12
1.29	52.1	6 / 7	15	500	12
1.69	50.8	6 / 7	15	500	20
2.56	401	7.5 / 5	20	1200	21

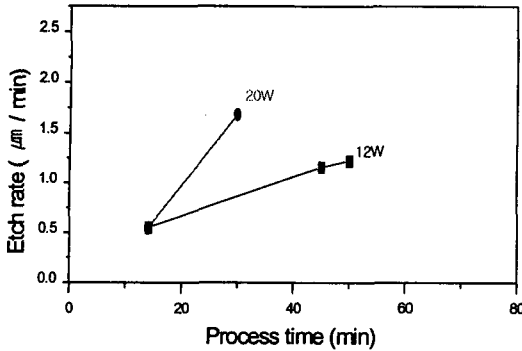


그림 4. Platen Power변화에 따른 식각속도

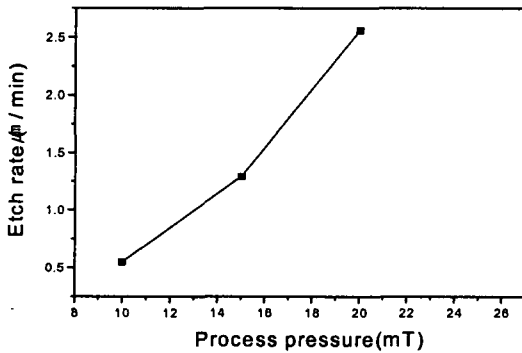


그림 5. Process Pressure변화에 따른 식각속도

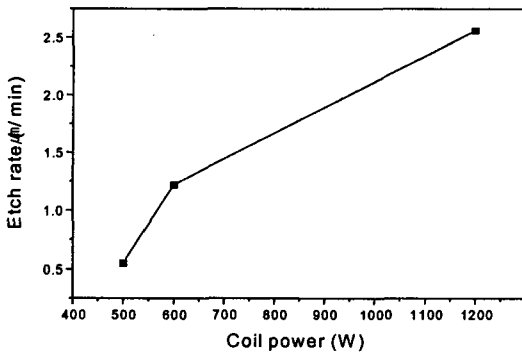


그림 6. Coil power변화에 따른 식각속도

4. 결 론

식각과 Passivation 공정 시 사용된 SF₆와 O₂ C₄F₈ 가스량은 식각속도에 변화를 주지 않는 것으로 나타났다. 또한 C₄F₈의 량을 하나의 시편에서 변화 시켜 보았으나 식각속도에 영향을 주지 못하였다. 실제 식각속도에 영향을 주는 인자들은 전체 공정 시간과 Cycle time, Coil power, Platen

power, 공정압력이라는 것을 알 수 있었다.

Cycle time은 6sec이고, Coil power는 500W, Platen power는 12W를 주었을 때 약 1.2μm/min의 식각속도를 나타내었다. 또한 Sidewall Profile은 90±0.7°로 우수함을 나타내었다. 이러한 결과는 위의 공정 변수가 가장 안정적인 식각공정 이라는 것을 알 수 있다.

감사의 글

본 연구결과를 받게 해주신 (주)제이엠엘 심용진 사장님께 감사 드립니다

참고 문헌

- [1] www.psel.snu.ac.kr/res-1-2.htm
- [2] Y. Hikosaka, M. Nakamura and H. Sugai, Jpn. J. Appl. Phys. 33, 2157 (1994).
- [3] J. Hopwood, Plasma Sources Sci. Technol. 1, 109 (1992)