

PCR 장치를 위한 플라즈마 식각에 관한 연구

김진현, 류근걸*, 이종권, 이윤배, 이미영

충남 아산시 신창면 읍내리 646, 순천향대학교 신소재공학부

(접수일자 : 2003. 6. 27 / 채택일자 : 2003. 7. 25)

A Study on plasma etching for PCR manufacturing

Jinhyun Kim, Kunkul Ryoo, Jongkwon Lee, Yoonbae Lee, and Miyoung Lee*

Novel Material School, Soonchunhyang Univ, Asan, Chungnam, Korea

요 약

MEMS(Micro Electro Mechanical System) 기술에서 실리콘 식각기술의 중요성으로 플라즈마 식각기술의 개발이 꾸준히 진행되고 있다. 본 연구에서는 ICP(Inductive Coupled Plasma)를 이용하여 플라즈마를 발생시켜, 이온에너지를 증가시키지 않고도 이온밀도를 높이고 이온입자들에 의한 식각의 방향성을 가할 수 있는 새로운 플라즈마 기술을 이용하였다. 이같이 플라즈마를 이용하여 실리콘웨이퍼를 식각하여 제조하는 MEMS 응용분야는 다양하나, 본 연구에서는 미생물배양에 응용할 수 있는 PCR(Polymerase Chain Reaction)장치 제작을 위한 식각에 이용하였다. 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 $1.2\mu\text{m}/\text{min}$ 이었고, sidewall profile은 $90\pm 0.7^\circ$ 로 나타나 매우 우수한 결과를 보였다. 본 연구에 SF₆를 식각에 이용하였으며 공정의 최적화를 통하여 사용량을 최소화하여 환경영향이 최소가 될 수 있는 가능성이 있었다.

ABSTRACT : Plasma etching technology has been developed since it is recognized that silicon etching is very crucial in MEMS(Micro Electro Mechanical System) technology. In this study ICP(Inductive Coupled Plasma) technology was used as a new plasma etching to increase ion density without increasing ion energy, and to maintain the etching directions. This plasma etching can be used for many MEMS applications, but it has been used for PCR(Polymerase Chain Reaction) device fabrication. Platen power, Coil power and process pressure were parameters for observing the etching rate changes. Conclusively Platen power 12W, Coil power 500W, etching/passivation cycle 6/7sec gives the etching rate of $1.2\mu\text{m}/\text{min}$ and sidewall profile of $90\pm 0.7^\circ$, exclusively. It was concluded from this study that it was possible to minimize the environmental effect by optimizing the etching process using SF₆ gas.

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

1. 서론

최근 들어 MEMS 공정의 플라즈마 식각기술의 팔복할 만한 발전이 이루어졌다. 특히 식각속도, aspect ratio, 등방성 및 식각각도 등에서 획기적인 변화가 이루어지고 있다. MEMS의 기술을 이용하여 DNA의 (바이러스, 박테리아 등과 같은) 작은 농도를 확인하는데 사용되는 PCR Chamber는 Sample solution에서 매우 작은 수의 Biorganism 분자의 고유의 분석을 위해 PCR 기술을 이용하여 DNA를 증폭시키는 BioMEMS 구조물의 하나이다. 이 PCR 기술은 생명과학의 발전에 가속력을 실어 그 전성을 이루는데 일조했다 해도 과언이 아닐 것이다. 현재까지의 PCR은 주로 PCR 반응 후의 생성물을 Gel에서 분리해 확인하고 대량의 양을 어렵잡는데 그쳤다고 할 수 있겠으나 점차적으로 정확한 정량을 보다 신속히 할 필요성이 커지고 있다. 이같은 PCR Chamber내의 소재의 주입 및 정확한 식각을 위해 ICP를 이용하였다. 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.[1,2] 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, 알루미늄) 외부에 ICP 안테나

를 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 증착 하였는데 이때 금속의 이온화율이 기존의 스퍼터링법보다 월등히 증가하는 것이 발견되었다. 현재 상용화되어 증착 공정에서 많이 사용되는 마그네트론-스퍼터링의 경우 입자의 이온화율이 10%를 넘지 못하는 데 반하여 ICP-스퍼터링의 경우 약 80%까지 증가시킬 수 있는 것으로 보고되고 있다.[3] 본 연구에서는 ICP 플라즈마 식각에 관련된 여러 변수들에 따른 식각에 관한 연구를 하고자 한다.

2. 실험

본 연구에서는 Figure 1에서와 같이 Model STS-ICP ASEHR Etcher를 사용하여 본 연구를 수행하였다. Figure 2는 STS-ICP Etcher의 Chamber 내부에 시편을 장입하기 전과 장입공정이 시작된 개략도이다. Wafer Loaders의 실리콘 웨이퍼가 플라즈마 Chamber 내부로 삽입되고 공정높이 까지 Plate가 상승하여 공정이 시작된다.

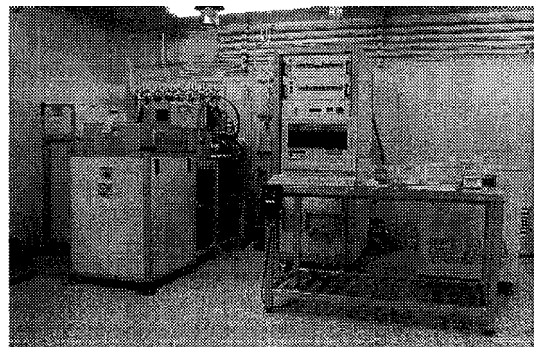


Figure 1. STS-ICP ASEHR Etcher

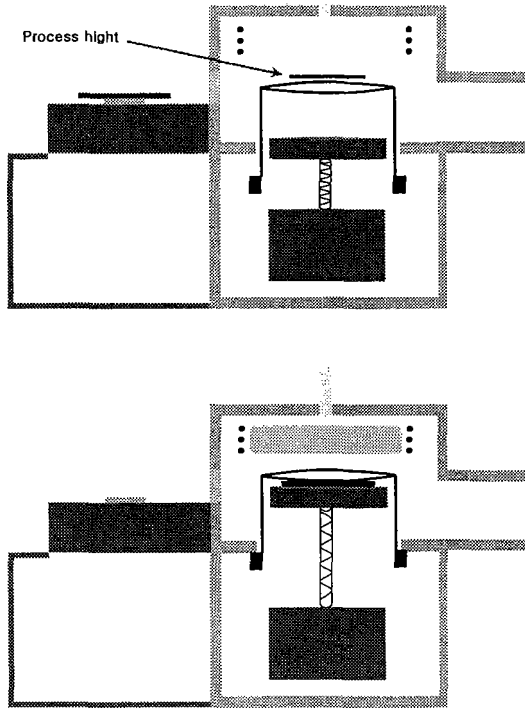


Figure 2. STS ICP Etcher의 단면도

본 연구에 사용되는 가스는 SF₆와 C₄F₈, O₂를 사용하였고, 식각공정과 Passivation 공정별 Cycle time과 Press, Coil power, Platen power를 Table1과 2에서의와 같이 다르게 주어 진행하였다.

Table 1. 식각 공정 시 변수

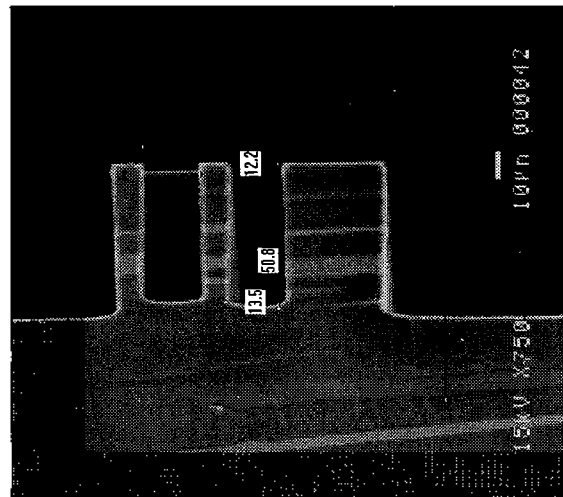
SF ₆	130 sccm
O ₂	13 sccm
Cycle time	5~7.5 sec
Pressure	10~25 mT
Coil power	500~1200 W
Platen power	12~21 W

Table 2. Passivaition 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

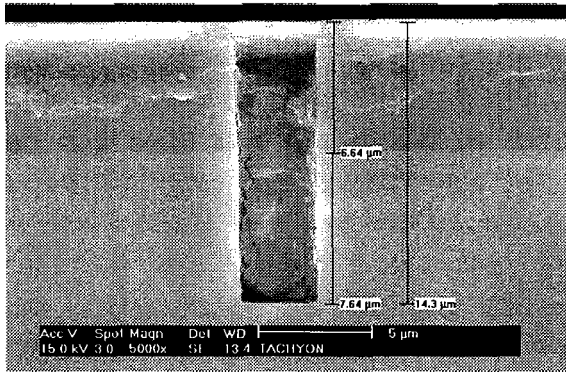
각각의 공정 후 식각속도와 Sidewall profile을 SEM을 이용하여 측정하였다. 각 공정별 SF₆와 O₂ 가스의 유속은 130 sccm과 13 sccm으로 고정하고, Cycle time과 압력, Coil power, Platen power에 변화를 주어 공정을 진행하였다. 일부 시편은 100 sccm으로 고정하였고, Figure 3의 (c) 시편은 식각 공정 시 C₄F₈ 가스를 50 sccm을 추가하여 공정하였다. 그림 3에서 알 수 있듯이, 식각속도에 관계없이 Sidewall profile이 90.0~90.7. 의 매우 높은 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 $\mu\text{m}/\text{min}$, Profile : 90.1 $^\circ$

Figure 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. Figure 4는 Platen power에 변화를 주었을 때의 식각속도 변화를 나타낸 것이다. Platen power를 12, 20W로 주었을 때 식각속도 분포가 직선형을 변함을 알 수 있다. 또한 Figure 5는 압력에 따른 식각속도 변화인데 압력 조건에 따라 식각속도가 증가함을 알 수 있었다. Figure 6은 Coil power에 따른 식각속도 변화를 나타내고 있는데, Coil power 증가에 따라 식각속도가 증가함을 알 수 있었다. Table 3은 공정 변수에 따른 식각속도를 나타내고 있다.

Table 3. 식각속도에 따른 공정 변수

식각속도 ($\mu\text{m}/\text{min}$)	식각 depth (μm)	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

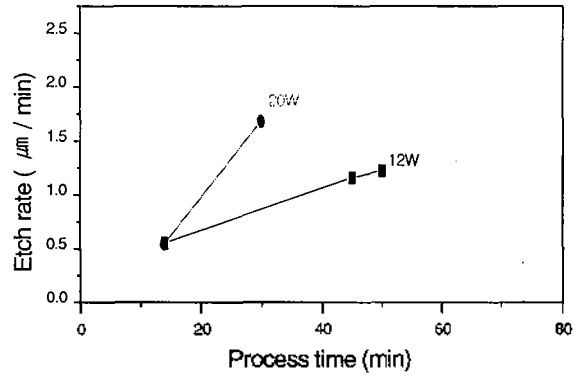


Figure 4. Platen Power변화에 따른 식각속도

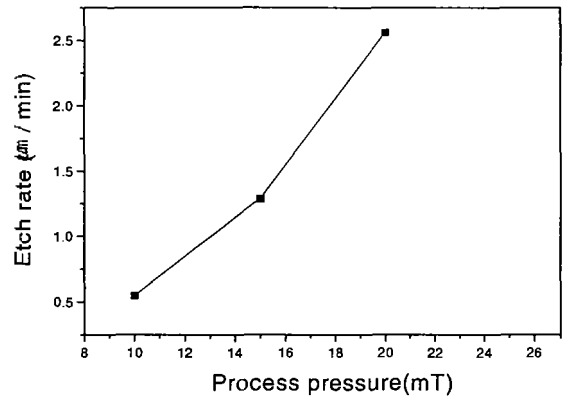


Figure 5. Process Pressure변화에 따른 식각속도

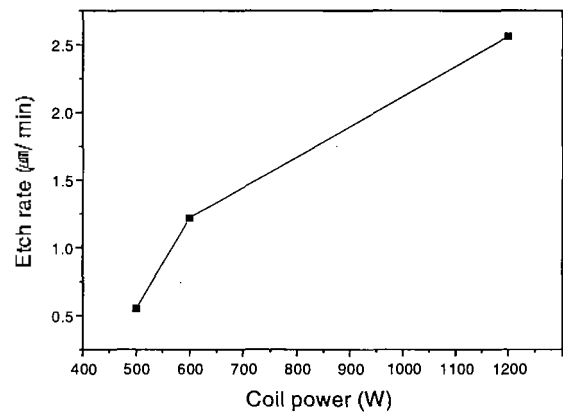


Figure 6. Coil power변화에 따른 식각속도

4. 결론

식각과 Passivation 공정 시 사용된 SF6와 O2, C4F8 가스량은 식각속도에 변화를 주지 않는 것으로

나타났다. 또한 C4F8의 량을 하나의 시편에서 변화시켜 보았으나 식각속도에 영향을 주지 못 하였다. 실제 식각속도에 영향을 주는 인자들은 전제 공정 시간과 Cycle time, Coil power, Platen power, 공정 압력이라는 것을 알 수 있었다. 이는 본 연구에서 Gas의 량을 SF6 130sccm, O2 10sccm으로 고정하고, C4F8 Gas량만 일부 시편에서 변화시켜 나온 결과이다. 실제 보고되는 바로는 Gas량의 변화에 따라 식각속도, 수직도, 선택비 등이 변한다 보고되고 있다. Cycle time은 6sec이고, Coil power는 500W, Platen power는 12W를 주었을 때 약 1.2 μ m/min의 식각속도를 나타내었다. 또한 Sidewall Profile은 90 \pm 0.7 $^\circ$ 로 우수함을 나타내었다. 이러한 결과는 위의 공정 변수가 가장 안정적인 식각공정이라는 것을 알 수 있다. 이 같은 결과를 토대로 공정을 최적화하

면, SF6 및 C4F8의 사용량을 조절하여 환경 영향을 최소화할 수 있는 가능성을 확인하였다.

감사의 글

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

참고 문헌

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