

ECR Etch 에 의한 MoSi₂ 막의 식각 특성

이한신 강희복 박지순 이철진 성영진
고려대학교 전기공학과

The Etching Characteristics of MoSi₂ film by ECR Etch

H.S. Lee, H.B. Kang, G.S. Park, C.J. Lee and Y.K. Sung
Department of Electrical Eng. Korea University

ABSTRACT

Characteristics of the ECR etch were investigated about MoSi₂ layer which is widely used for the capping layer and barrier layer in VLSI metallization. The etch rate was evaluated according to gas ratio of SF₆/BCl₃, N₂ flow rate, RF power and chamber pressure. The chamber pressure, the most important factor, represented the maximum etch rate at about the pressure of 10 mTorr.

I. 서론

최근 고집적 소자를 제작하는데 있어 refractory metal이나 refractory metal silicide가 gate나 interconnection 재료로 각광을 받고 있다. 따라서 최근의 고집적 기억소자의 금속 배선막으로 Al금속과 refractory metal silicide의 적층구조가 이용되고 있는데, 특히 MoSi₂과 AlCuSi의 적층구조가 step coverage, electromigration, corrosion 문제 등을 향상시키기 위해 사용되고 있다. 그러나 Al막의 식각 특성에 관하여는 많은 연구가 진행된 반면에 MoSi₂ 식각에 관한 연구는 별로 보고된 바가 없으며, (1)(2) 또한 지금까지 보고된 MoSi₂ 식각 연구는 SF₆/O₂ gas chemistry에 거의 한정되어 있었다. (3)(4) 이는 etch product인 MoF₂가, chlorine을 etching chemistry로 사용하는 경우에 형성되는 MoCl₂보다 훨씬 vapor pressure가 높아 식각이 용이하기 때문이다. 그러나 fluorine이 포함된 gas chemistry를 사용하면 undercut이 발생할 위험이 있다.

한편, 식각 장비는 RIE(Reactive Ion Etcher)나 planar plasma etcher가 널리 쓰이고 있으나 이는 시료에 걸리는 전계를 독립적으로 조절하기가 어렵고 사용 압력이 높아 비등방성 식각 형상을 얻기 어려운 단점이 있다. 이를 극복하기 위하여 낮은 압력에서도 고밀도 플라즈마의 형성이 가능

한 ECR(Electron Cyclotron Resonance)장비가 각광을 받고 있다. (5)

본 연구에서는 MoSi₂를 식각하기 위해 ECR식각 장비를 이용하여, 식각 가스로는 SF₆, BCl₃ 및 N₂ 가스를 사용하였다. SF₆/BCl₃ 유량비 및 N₂ 가스 유량, RF power, 반응 압력 및 magnetron 전류 변화 등에 따른 식각 특성을 평가하였다.

II. 실험 방법

MoSi₂ 식각 특성을 조사하기 위해 비저항이 0.85-1.15 Ω·cm인 P형(110) 실리콘 웨이퍼 위에 Varian Sputter를 이용하여 MoSi₂막을 sputtering 시켰다. sputtering 두께는 300 nm이었고 막 두께는 TENCO사의 ALPHA step으로 측정하였다. 한편 MoSi₂, 감광막, BPSG 각각에 대하여 식각 변수가 식각 특성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 먼저 SF₆/BCl₃ 유량비를 40/60, 40/40, 60/40 sccm으로 변화시켰고, N₂ 가스 유량을 0, 10, 20, 30 sccm으로 변화 시켰으며, 압력은 7-13 mTorr, RF power는 40-60 watt, magnetron은 250-350 mA로 변화시켰다. 본 실험에 사용된 ECR 식각 장비의 구조는 그림 1과 같다. ECR 식각 장비의 경우 낮은 반응 압력, 높은 식각속도를 추구하기 때문에 웨이퍼 냉각이 중요하다. 이를 위해 식각 챔버의 기판 온도는 냉각 가스인 He를 기판 하단에 주입시켜 42°C로 유지하였다.

식각속도는 각각의 식각 조건에서 60초 동안 식각한 후 식각 전후의 두께 차이를 이용하여 계산하였다. MoSi₂ 식각속도는 식각후 감광막을 제거한 상태에서 ALPHA step으로 측정하였고, 감광막 및 BPSG의 식각속도 측정은 nanospec을 이용하였다. 또한 식각 단면형상을 관찰하기 위하여 두께가 500 nm인 BPSG막 위에 MoSi₂-AlCuSi-MoSi₂ 구조로 시료를 제작한 후, 감광막을 이용하여 시료에 패턴을 정의하여 각 층의 막을 식각 시키고 이어서 감광막을 제거시킨 후, TEOS막을 500 nm 증착하여 식각된 단면을 SEM으로 관찰하였다.

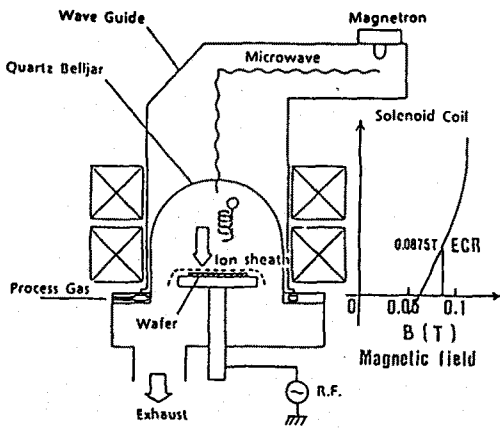


그림 1. ECR Etching System의 구성도

III. 결과 및 고찰

SF₆/BCl₃/N₂ gas chemistry의 MoSi₂ 식각 특성을 평가하기 위하여 SF₆/BCl₃ 유량비, N₂ 가스 유량, RF power, 반응 압력 그리고 magnetron 전류변화 등에 따른 MoSi₂, 감광막 그리고 BPSG의 식각속도를 평가 하였다.

그림 2는 SF₆/BCl₃ 유량비의 변화에 따른 MoSi₂, 감광막, BPSG의 식각속도를 나타낸다. SF₆/BCl₃의 유량비가 40/40 [sccm] 이상인 경우에는 MoSi₂의 식각속도는 전반적으로 증가하지만 유량비가 40/40 [sccm] 이상의 경우에는 그 증감률이 둔화되는 특성을 보이고 있다. MoSi₂의 식각속도가 SF₆/BCl₃ 유량비에 따라 증가하는 것은 SF₆가 분해되어 생성되는 fluorine과의 결합 물질인 MoF₆가 BCl₃에서 분해되는 chlorine과의 결합 물질인 MoCl₅보다 vapor pressure가 높아 식각이 용이하기 때문으로 판단된다. 한편 감광막 및 BPSG의 식각속도는 SF₆/BCl₃의 유량비가 1(SF₆/BCl₃ = 40/40 (sccm)) 이상인 영역에서는 SF₆/BCl₃의 유량비가 증가함에 따라 식각속도가 증가하였고, 그 이하의 영역에서는 거의 변화가 없었다.

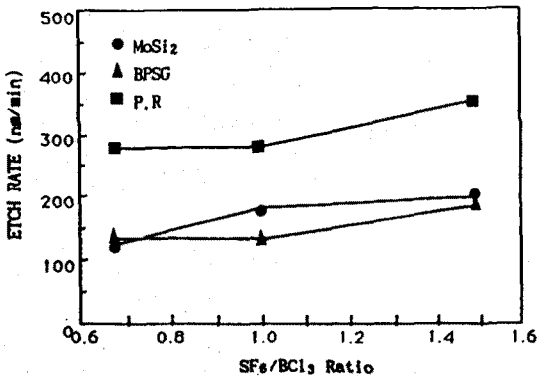


그림 2. SF₆/BCl₃ 유량비에 따른 Etch Rate 변화

그림 3은 N₂ 유량의 변화에 따른 MoSi₂, 감광막, BPSG의 식각속도를 나타낸다. N₂ 유량이 증가할수록 MoSi₂ 식각속도는 증가하나, 감광막 및 BPSG의 식각속도는 감소함을 보여준다. MoSi₂ 식각속도가 N₂ 유량에 따라 증가하는 것은 ion sheath내에서 형성된 전계에 의하여 에너지를 얻은 F^o, N^o이온들이 고도의 방향성을 가지고 MoSi₂ 표면에 충돌하여 식각 반응을 촉진시키는 즉 ion assisted reaction에 의해 반응이 일어나기 때문으로 분석된다. 반면에 감광막 및 BPSG의 식각속도가 감소하는 경향은 N₂의 첨가로 인하여 플라즈마내의 식각 활성종의 밀도가 감소하기 때문으로 판단 된다.

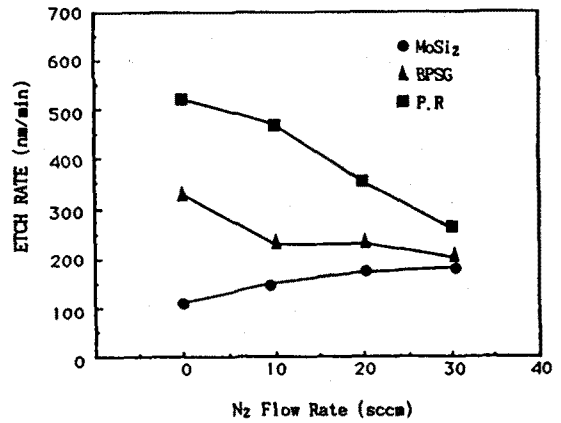


그림 3. N₂ 유량비에 따른 Etch Rate 변화

일반적으로 ECR의 경우 ion sheath내에서 형성된 전계에 의해 가속되는 이온의 에너지를 조절하기 위하여 RF power를 사용한다. 그림 4는 RF power 변화에 따른 MoSi₂, 감광막 및 BPSG의 식각속도를 나타낸다. RF power 변화에 따라 MoSi₂, 감광막, BPSG의 식각속도는 증가하였는데, 식각속도는 PR의 경우가 가장 크고, BPSG가 가장 적은 것으로 나타났다.

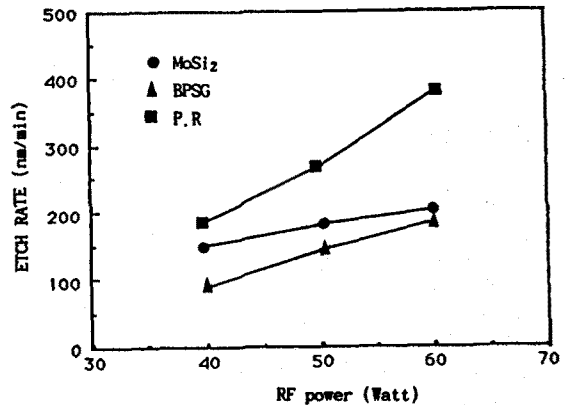


그림 4. RF power에 따른 Etch Rate 변화

그림 5는 magnetron 전류 증가에 따른 MoSi₂, 감광막 그리고 BPSG의 식각 속도를 나타냈다. Magnetron 전류 증가에 따라 MoSi₂ 식각속도는 완만하게 증가하는 경향을 보인다. 한편 감광막의 식각 속도는 증가하지만 BPSG의 식각 속도는 거의 일정한 값을 나타내며, MoSi₂의 식각속도가 BPSG 식각속도보다 약간 높음을 알 수있다. 이들 막의 식각 속도 증가는 magnetron 전류 증가에 의해 플라즈마에서 이온화율을 높이기 때문이라고 판단된다.

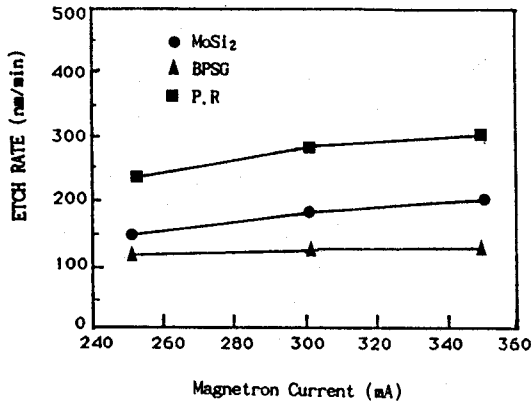


그림 5. Magnetron 전류에 따른 Etch Rate 변화

그림 6은 반응 압력의 변화에 따른 식각속도를 나타내었다. 10 mTorr이하에서는 압력이 증가함에 따라 MoSi₂의 식각속도가 증가하다가 그 이상의 압력에서는 다시 감소함을 보인다. 이는 식각 반응토내의 압력이 너무 낮으면 전자와 분자사이의 충돌 확률이 떨어져 플라즈마의 밀도가 감소하여 식각속도가 감소하며, 압력이 너무 높으면 평균 자유 행정 거리가 짧아져서 이온화에 필요한 충분한 에너지를 가진 전자가 적기 때문에 식각속도가 낮은 것으로 판단된다. 이에 반해 감광막 및 BPSG의 식각속도는 MoSi₂의 식각 특성과는 다른 양상을 보였다. 즉 10 mTorr이하에서는 압력이 증가함에 따라 식각속도가 감소하다가 그 이상의 압력에서는 다시 증가하는 경향을 나타내었다.

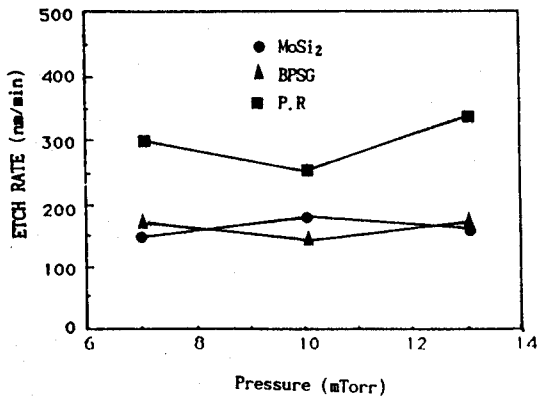


그림 6. 반응 압력에 따른 Etch Rate 변화

그림 7은 MoSi₂-AlCuSi-MoSi₂ 3층 구조에서 각 층간의 연속성을 보기 위하여 식각 단면을 SEM으로 촬영한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 MoSi₂-AlCuSi-MoSi₂ 구조에서 lateral etch가 존재하지 않는 비동방성 식각 단면을 얻었다.

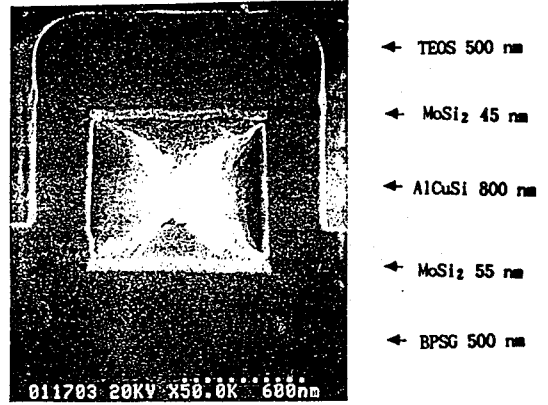


그림 7. MoSi₂-AlCuSi-MoSi₂ 구조의 SEM 사진

IV. 결 론

MoSi₂막에 대한 ECR etch 특성을 평가한 결과 아래와 같은 결과를 얻을 수 있었다.

SF₆/BCl₃ gas ratio가 증가함에 따라 MoSi₂, BPSG, 감광막의 식각속도는 증가하였고, N₂ 유량이 증가함에 따라 MoSi₂는 증가하였으나, 감광막과 BPSG 식각 속도는 감소하였다.

또한 RF power의 증가는 MoSi₂와 감광막 그리고 BPSG의 식각속도를 증가시켰다. Magnetron 전류가 증가함에 따라 MoSi₂와 감광막과 BPSG의 식각속도는 역시 증가하였다.

이상의 실험결과 식각 기구는 주로 ion assisted reaction에 의한 반응으로 간주되며, MoSi₂-AlCuSi-MoSi₂ 구조에서 lateral etch가 존재하지 않는 비동방성 식각 단면을 관찰할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. D.M.Manos and D.L.Flamm ed., Plasma Etching, Chapter 5, Academic Press(1988)
2. R.A.Morgan, Plasma Etching in Semiconductor Fabrication, Chapter 4, Elsevier Science Publishers B.N.(1985)

3. T.P.Chow and A.J.Steckl, Appl. Phys. Lett., Vol.36, 297(1980)
4. A.K.Sinha, W.S.Lindenburger, D.B.Fraser, S.P.Murarka and E.N.Fuls, IEEE Trans. Electron Devices ED-27, 1425(1980)
5. Y.Tobinaga, N.Hayashi, H.Akira, S.Nakayama and H.Kudoh, J. Vac. Sci. Technol., B6(1), Jan/Feb, p 272(1988)