

CH₄/Ar 플라즈마를 이용한 TiN 박막의 식각특성 연구

우종창, 엄두승, 김관하, 김동표, 김창일
 중앙대학교 전자전기공학부

The etch characteristics of TiN thin films using in CH₄/Ar plasma

Jong-Chang Woo, Gwan-Ha Kim, Dong-Pyo Kim, Chang-Il Kim
 School of Electrical and Electronics Engineering, Chung-Ang University

Abstract : The etching characteristics of Titanium Nitride (TiN) and etch selectivity of TiN to SiO₂ and HfO₂ in CH₄/Ar plasma were investigated. It was found that TiN etch rate shows a non-monotonic behavior with increasing both Ar fraction in CH₄ plasma, RF power, and gas pressure. The maximum TiN etch rate of nm/min was obtained for CH₄ (80%)/Ar(20%) gas mixture. The plasmas were characterized using optical emission spectroscopy (OES) analysis measurements. From these data, the suggestions on the TiN etch characteristics were made.

Key Words : Etch, TiN, ICP

1. 서 론

현재까지 CMOS 소자의 크기가 80 nm 이하의 크기가 되면서 짧은 채널효과 (short-channel effect)와 같은 소자의 소형화에 따른 문제점이 점점 심각하게 노출되기 시작하였으며 종래에 사용되어온 소자구조 및 제작 기술만으로는 집적도나 소자 동작 특성 개선에 있어 한계에 부딪치게 되었다.[1]

따라서 CMOS 소자의 지속적인 발전을 추구하기 위해 새로운 재료와 기술의 도입이 불가피 할 것으로 예상되며, 이러한 돌파구 마련의 방책으로 원자 층 레벨의 조작을 통한 high-k dielectric, dual metal gate electrode, strained channel 등의 도입이 필요하다. 즉, 건식 식각조건에서 일괄공정으로 처리할 때에 발생할 수 있는 selectivity, 상이한 재료에 대한 식각속도의 차이 등의 문제에 대한 연구는 아직 이루어지고 있지 못한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 CH₄/Ar 가스 혼합비 및 식각 변수들과 TiN 박막의 식각특성의 관계에 대하여 조사하였다. 및 방출 분석(optical emission spectroscopy OES)을 이용하여 플라즈마 특성과 식각 속도와와의 관계를 분석하였다.[2]

2. 실험 방법

본 실험에 사용된 기판은 0.85 ~ 1.15 Ω·cm의 비저항을 갖는 p형, 12인치 실리콘 웨이퍼를 사용하였다. TiN 박막은 ALD(atomic layer deposition) 장비를 이용하여 박막을 증착하였다. 이와 같이 준비된 TiN 박막의 플라즈마 식각은 그림 1에서 보는 유도 결합 플라즈마 (Inductively coupled plasma)에서 CH₄/Ar 가스를 이용하여 식각을 진행하였다. 이때 공정변수로는 RF 전력을 600 W, 바이어스 전력은 200 W, 반응로 압력은 2 Pa, 기판온도는 30℃로 고정시켰다. 식각속도는 surface profiler(KLA Tencor, Alpha-step 500)를 사용하여 측정하였으며, CH₄ 가스 첨가 비에 따른 플라즈마의 CH 라디

칼과 Ar의 상대적인 비를 알아보기 위해 OES(NANOTEK, NTSU101)를 사용하였다.

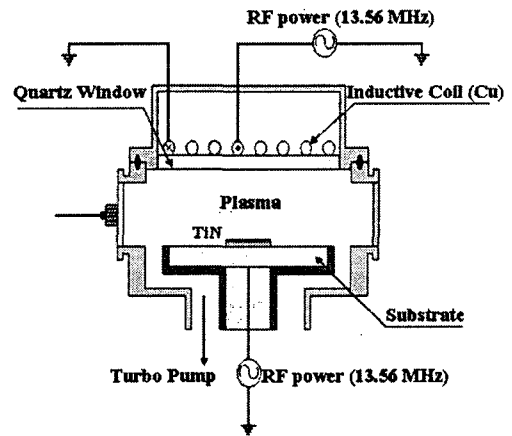


그림 1. 유도 결합 플라즈마 시스템

3. 결과 및 고찰

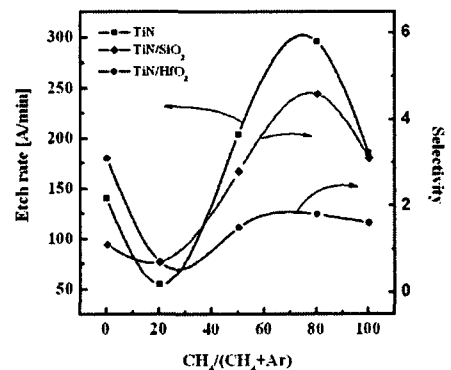


그림 2. CH₄/Ar 가스혼합비에 따른 TiN 박막의 식각속도 및 식각 선택비들

그림 2는 CH₄/Ar 가스 혼합비에 따른 TiN 박막의 식각속도와 SiO₂, 그리고 HfO₂ 대한 TiN 박막의 선택비들을 나타낸 것이다. 이때의 공정 조건은 RF 전력과 바이어스 전력은 각각 700 W, 200 W이였으며, 공정 압력은 2 Pa

이다. CH₄(80%)/Ar(20%)의 조건에서 274 Å/min의 최고 식각 속도를 보였으며, 이때의 SiO₂와 HfO₂ 대한 선택비 들은 각각 4.64, 1.82 이었다. 이러한 결과로 볼 때, CH₄ 가스를 20%에서 100% 까지 첨가함에 따라 C 라디칼 밀도 는 증가한다. 여기 된 Ar 이온이 C 혹은 CH 와 충돌하여 C 라디칼로 해리 시키는데 도움을 주기 때문에 C 의 부피 밀도 가 증가한 것으로 판단되며, 이러한 C 라디칼의 증가로 식각 속도가 증가된 것으로 사료된다. 이는 주어진 공정 변수에 대하여 결정적인 요인이 C 원자들과 CH 원자들에 의해 제 공되는 화학적인 식각 반응이라고 사료된다.

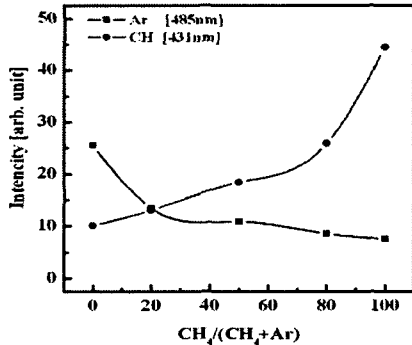


그림 3. CH₄/Ar 플라즈마에서 Ar, CH와 H 원자에 대한 광 방출 세기

그림 3은 OES를 이용하여 가스 혼합비에 따른 CH₄/Ar 플라즈마의 CH 라디칼 및 Ar의 방출세기를 측정 한 결과 이다. 검출된 CH 라디칼 및 Ar의 파장은 각각 431 nm와 485 nm이었다. 그림 3에서 CH₄ 혼합비가 증가함에 따라 Ar intensity가 감소하고 CH intensity가 증가하는 것을 볼 수 있다. 이는 CH₄의 혼합비가 증가하면서 Ar 원자의 상대적인 밀도가 감소함에 따라 나타나는 현상으로 볼 수 있다.

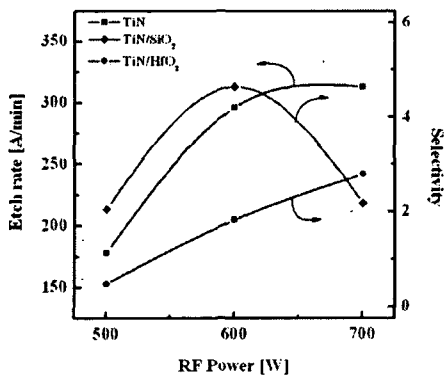


그림 4. RF 전력에 따른 TiN 박막의 식각속도와 SiO₂와 HfO₂에 대한 선택비들

그림 4에서 나타난 것과 같이, RF 전력이 증가 할수록 식각 속도는 증가하며, 식각 속도는 700 W일 때 313 Å/min 로 가장 높았다. SiO₂와 HfO₂에 대한 선택비들은 각각 2.18와 2.79 이었다. 이것은 RF 전력이 증가 할수록 CH 라디칼과 Ar 이온의 밀도가 증가하였기 때문에 물리적인 식각뿐만 아니라 CH 라디칼에 의한 TiN 박막 표면과의 활발한 화학적 반응으로 인해 식각 속도가 증가된 것이다.

그림 6은 공정 압력에 따른 TiN 박막의 식각속도와 SiO₂와 HfO₂에 대한 선택비들을 나타낸 것이다. TiN 박막의 식각속도는 공정 압력이 낮아질수록 감소하고, 역시 TiN 박막과 SiO₂, HfO₂와의 선택비들도 감소하였다. 2 Pa이하에서 공정 압력이 감소함에 따라 Ar 이온의 평균자유행정이 증가하게 되고, 이로 인해 Ar 이온의 에너지가 증가하게 된다.

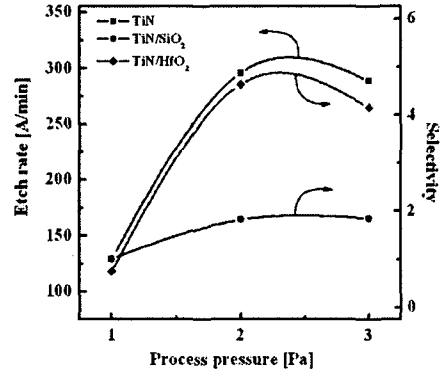


그림 5. Process Pressure에 따른 TiN 박막의 식각속도와 SiO₂와 HfO₂에 대한 선택비들

4. 결론

본 논문에서는 CH₄/Ar 플라즈마를 이용한 TiN 박막의 식각에서 CH₄ 가스의 농도가 증가될수록 그리고 RF 전력과 공정 압력이 증가할수록 TiN 박막의 식각 속도가 증가 하였다. CH₄(80%)/Ar(20%) 조건에서 TiN의 최대 식각속도는 296 Å/min이었으며 SiO₂와 HfO₂에 대한 식각 선택비들은 각각 4.64와 1.82 이었다. CH₄/Ar 플라즈마 상태에서 TiN 박막의 식각은 Ar 이온의 물리적인 스퍼터링에 의해 Ti-N 결합이 끊어지고 CH, H 라디칼에 의한 시료 표면에서의 화학 반응에 의해 식각이 된다. 또한 라디칼과 시료와의 반응으로 인한 비휘발성의 식각 부산물을 Ar 이온의 스퍼터링에 의해서 시료 표면에서 효과적으로 탈착시킬 때 식각 반응은 활발히 일어나게 되어 식각속도의 증가가 야기 되었다.

감사의 글

본 연구는 ㈜하이닉스반도체에서 시행하는 “산학연구지원사업”에 의해 수행되었습니다. 본 연구에 사용된 샘플을 제공하여 준 ㈜하이닉스반도체에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] A. Le Gouil, O. Joubert, G. Cunge, T. Chevolleau, L. Vallier, "Poly-Si/TiN/HfO₂ gate stack etching in high-density plasmas", J. Vac. Sci. Tech. B, Vol. 25, 3, p 767, 2007.
- [2] G. H. Kim, K. T. Kim, J. C. Woo, C. I. Kim, "Etch Properties of Hf-Based High-k Dielectrics Using Inductively Coupled Plasma", Ferroelectrics Vol 357, Issue 1, p 41, 2007.