

유도 결합형 플라즈마 장치를 이용한 극자외선 마스크 구조의 식각 특성 연구

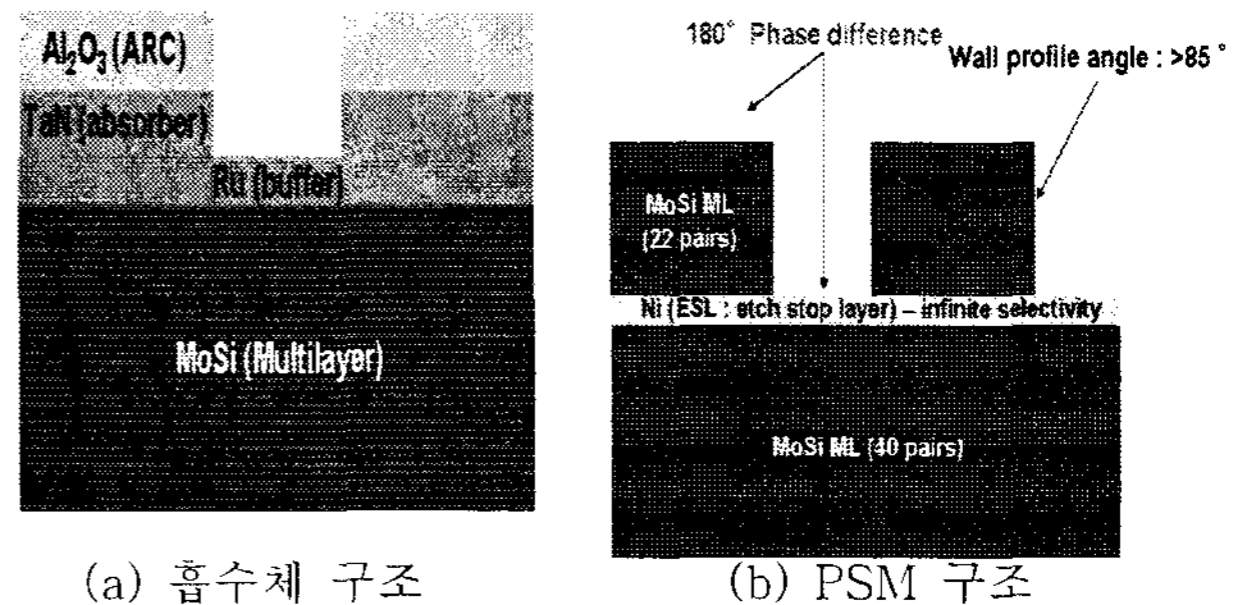
김두영, 이학주, 정호영, 김현우, 이내응
성균관대학교, 신소재공학과

초 록 : 최근들어 극자외선을 이용한 리소그래피가 차세대 리소그래피 기술로 각광받고 있다. 극자외선 리소그래피 기술에서 마스크 제조 기술이 매우 중요하다. 이번 연구에서는 마스크 제작에 있어서 필요한 식각 공정을 유도 결합형 플라즈마 장치를 이용하여 여러 가지 공정 조건에 따라 실험하였다.

1. 서 론

향후 좀 더 생산적인 반도체 공정 개발을 위해 전자 회로칩의 회로 선폭은 계속적으로 작아져야 하며, 이러한 기술을 구현하기 위해서는 무엇보다도 미세회로 패턴을 형성할 수 있는 리소그래피 공정의 발전이 선행 되어져야만 한다. 현재 전 세계의 반도체 제조업체들은 35nm 또는 22nm 이하의 선폭을 갖는 소자를 생산하는 데에는 기존의 광학 리소그래피의 한계성을 인식하고, 이에 대한 해결책을 찾기 위하여 노력하고 있다.

차세대 반도체 산업의 기술 중 하나로 각광 받고 있는 극자외선 (파장:13.5nm) 리소그래피 마스크의 개발을 위해서 현재 전 세계에서 많은 연구가 이뤄지고 있다. 극자외선을 이용한 리소그래피 기술은 전자 회로 내 소자 크기를 최소화 하는데 유용한 기술이며, 2010년 이후에는 최고 25nm 이하까지 초미세 회로 선폭을 만들 수 있는 것으로 알려져 있다. 지금까지 제안된 차세대 리소그래피 중 가장 유용한 기술인 EUV 리소그래피 기술에서는 현재 반도체 제조공장에서 사용 중인 광학 리소그래피의 패턴 전사기술과는 다른 방법을 채택하고 있다. 극자외선을 마스크에 전사시켜 흡수체가 패턴된 마스크로부터 반사에 의하여 이미지를 형성시키거나, 또는 위상을 180°로 반전시키어 전사시키는 위상반전마스크 (PSM) 구조에 관한 연구를 진행하고 있다. 흡수층을 이용한 EUVL 마스크의 경우 마스크 inspection시 사용되어지는 DUV 파장에서의 contrast의 개선을 위하여 ARC (Anti-reflected coating)층의 도입을 고려하고, EUVL 마스크 흡수층으로 TaN, buffer층, 그리고 Mo/Si Multi-layer (ML)로 보통 구성된다. PSM 구조의 경우 ML층 중간에 있는 Ni ESL (etch stop layer)이 있게 된다. EUVL 마스크 제작을 위해서는 마스크를 구성하는 다양한 물질에 대한 플라즈마 식각 공정에 관한 대한 연구가 진행 되어져야 한다. [그림 1. (a) 및 (b)]. 본 연구에서는 흡수체를 이용한 EUVL 마스크 구조의 식각 공정에 관한 연구를 진행하였다.



(a) 흡수체 구조

(b) PSM 구조

2. 실험 방법

흡수체 마스크 구조의 패턴링을 위해서는 먼저 각 물질별 플라즈마 식각 특성을 먼저 알아야 한다. 각각의 후보 물질에 대한 내 플라즈마 식각 특성을 파악하여 조합한 후 다층 구조에서의 식각 특성을 결정하고, 가장 최적화된 조건으로 한 챔버 안에서 in-situ 방식으로 플라즈마 식각을 할 필요가 있다. 그림 2는 TaN 흡수체를 갖는 마스크 구조를 식각하는 공정 순서이다. 먼저 실리콘 기판 위에 2~3nm 두께의 매우 얇은 막의 Mo/Si를 40 pair로 적층을 한 후 그 위에 Capping/Buffer layer로써 Ru를 2nm로 얇게 증착하고, 또 그 위에 흡수층인 TaN를 27nm, 마지막 층으로 ARC 층으로 Al₂O₃를 20nm 두께로 증착한 샘플을 이용하였다. 이때 다층구조의 식각시 ARC/TaN의 식각시 Ru에 대한 선택비의 확보가 중요하다.

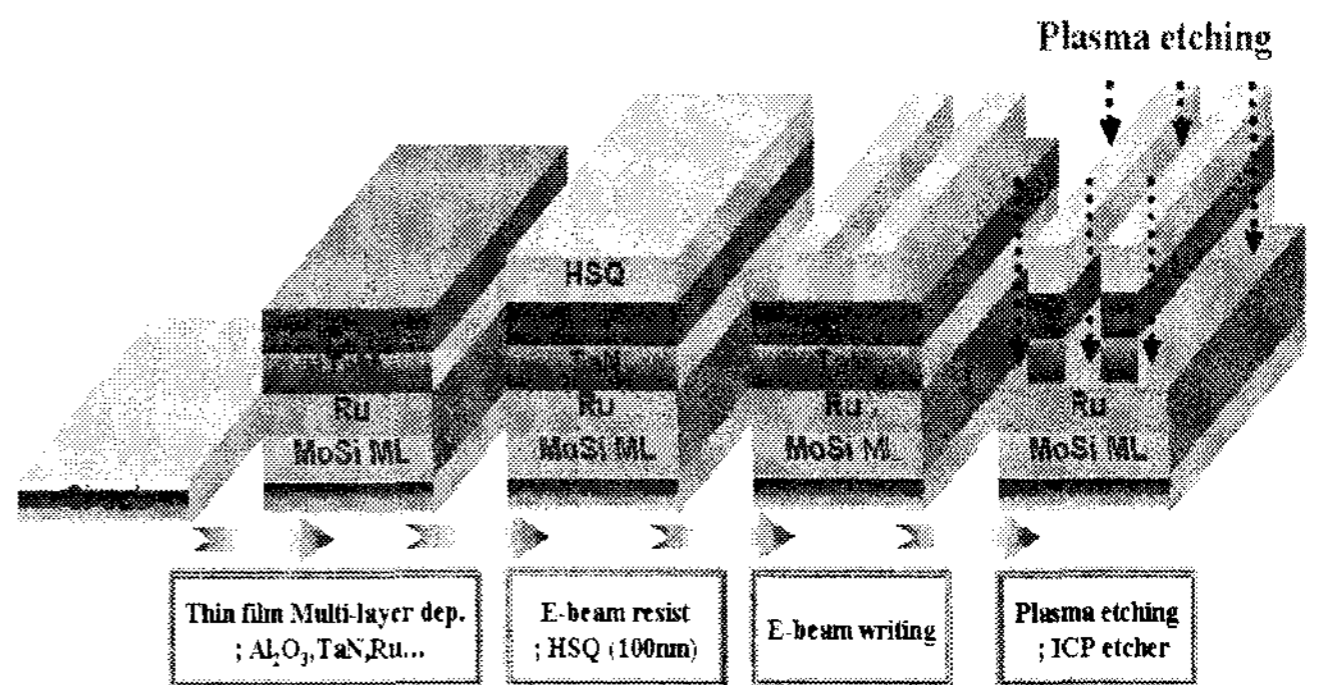


그림2. 흡수체 마스크 구조의 식각 공정 순서

마스크 구조의 에칭 마스크 패턴으로는 Line & space (L/S) 100nm 크기의 HSQ (hydrogen silsequioxane) inorganic e-beam resist를 이용하였고, e-beam으로 패턴링 하였다. L/S 100nm로 패턴링 되어 있는 샘플을 유도결합 플라즈마(ICP : Inductively coupled plasma) 식각 장치를 이용하여 플라즈마 식각 공정을 진행하였다.

그림 3은 Capping/buffer layer인 Ru과 흡수층인 TaN 및 Ta 간의 식각속도와 선택비를 나타낸 것이다. 여러 후

보 물질 중에서 Ru이 TaN 및 Ta의 식각속도와 선택비가 월등히 높음으로 흡수층으로 적당한 물질임을 알 수 있다.

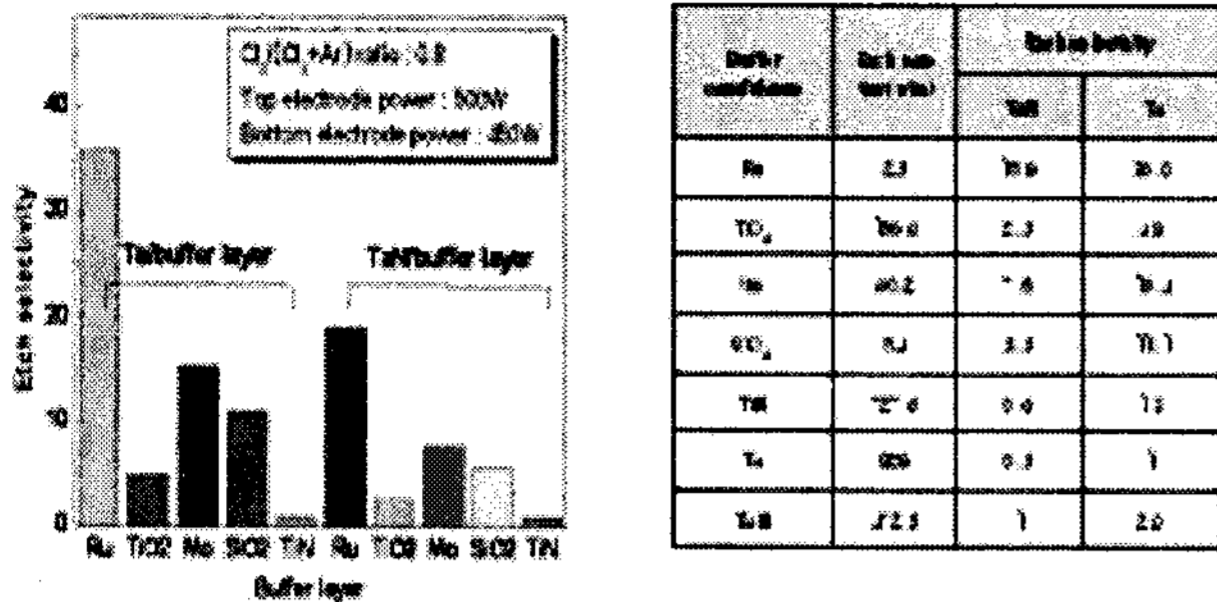


그림3. 흡수체/buffer 후보물질 식각특성 실험결과

그림 4(a)는 ARC층인 Al₂O₃와 흡수층인 TaN와의 플라즈마 식각 속도와 선택비를 나타낸 것이다. 실험 조건은 top electrode power 500W, DC self-bias voltage는 -50V, 공정 압력은 15mTorr, 그리고 공정 시간은 1분으로 두고 Cl₂/(Cl₂+Ar) gas ratio를 변수로 진행한 실험에서 상대적으로 ARC층이 흡수층 보다 낮은 식각속도를 나타내었고, 두 물질의 선택비는 0.3~0.5 정도를 얻을 수 있었다. 그림 4(b)는 buffer/capping층으로 쓰이는 Ru과 흡수층인 TaN와의 플라즈마 식각 속도 및 식각 선택비를 나타낸 것이다. 실험 조건은 앞에서 실험한 조건과 동일하며, 이 실험의 결과에서 볼 수 있듯이 buffer/capping층인 Ru과 흡수층인 TaN간의 무한대 식각 선택비를 얻을 수 있었다.

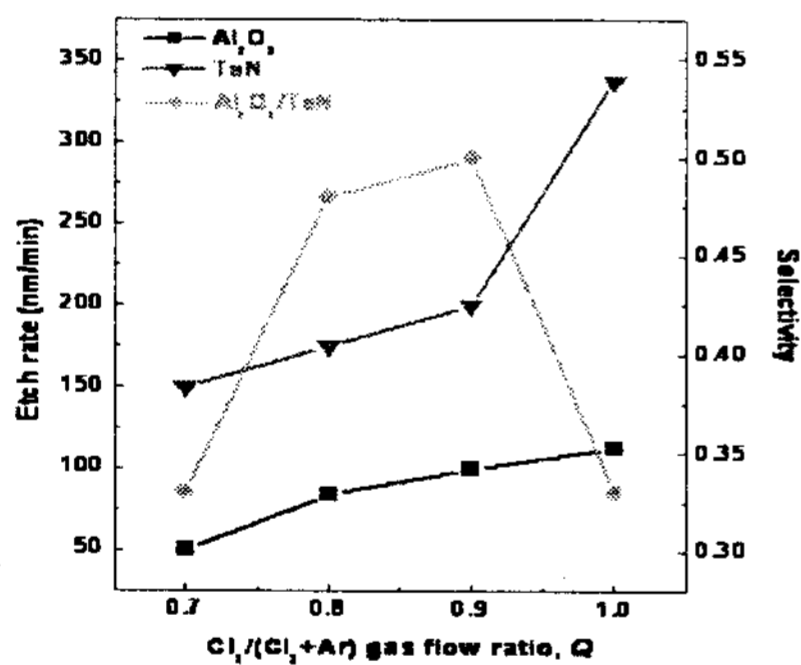


그림4(a). ARC 및 흡수체 물질 식각 특성

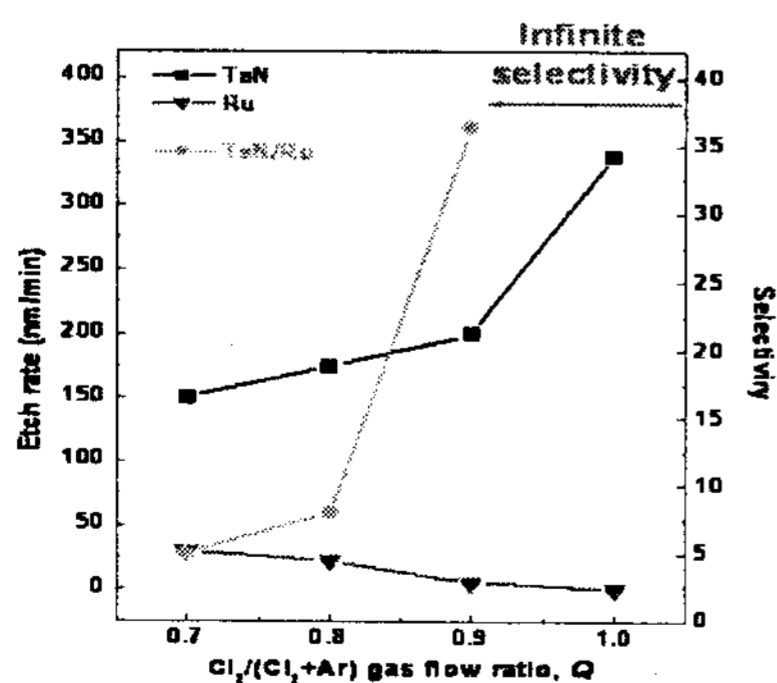


그림 4(b). 흡수체 및 buffer/capping 물질 식각 특성

그림 5는 ARC/TaN(흡수체)/Ru(buffer/capping)/MoSi ML의 마스크 구조에서 HSQ를 e-beam resist로 사용하

여 패터닝 후 식각을 한 Focused ion beam 이미지를 나타낸다. 식각 후 약 88°의 외벽 profile angle 값을 얻을 수 있었다.

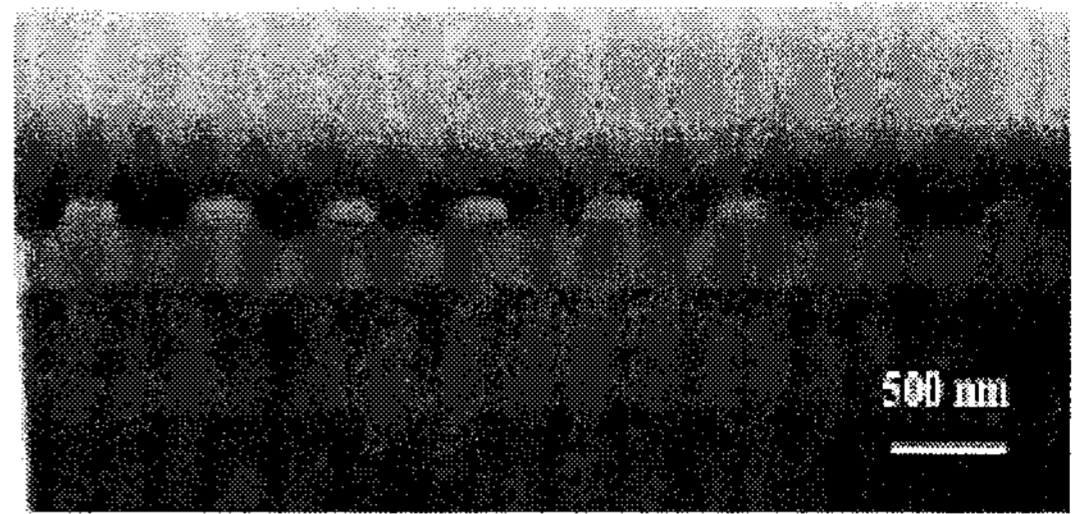


그림5. 식각 후 흡수체 구조의 FIB 이미지

3. 결 론

EUVL 마스크 중 흡수체를 사용한 마스크 구조에서 ARC, 흡수체, Buffer/Capping층 등의 여러 물질에 대한 플라즈마 건식 식각 특성을 연구 하였다. 흡수체와 buffer/capping 후보물질 중 Ru이 TaN/Ta과의 선택비가 각각 19/36.0 으로 다른 후보 물질 보다 월등히 높아 흡수층으로 적당한 물질임을 확인 할 수 있었다. 또한 ARC층인 Al₂O₃와 흡수층인 TaN와의 플라즈마 식각 실험에서는 Al₂O₃/TaN의 식각 선택비는 최대 0.5의 값을 갖는 조건을 찾을 수 있었다. 또한 TaN/Ru간의 식각 선택비가 무한대가 되는 조건을 찾을 수 있었다. ARC/TaN(흡수체)/Ru(buffer/capping)/MoSi ML의 마스크 구조에서 HSQ e-beam resist를 사용하여 패터닝 후 식각을 하고 FIB로 확인을 해 본 결과 식각 후의 외벽 profile angle이 88° 로 측정되었다. 앞으로 더 진행되어야 할 연구 사항은 더욱 다양한 공정 변수를 두고 실험을 하여 식각 특성에 대한 더 많은 데이터를 확보할 필요가 있다.

감 사 의 글

본 연구는 산업자원부 EUVL R&D Research Fund의 지원으로 이루어졌습니다.

참 고 문 헌

- [1] F. Letzkus, et al. Proceedings of the SPIE, 5567, pp. 1407-1416 (2004).
- [2] T. Shoki, et al, J. Vac. Sci. & Technol. B: 21, 3021 (2003).
- [3] F. Letzkus, et al, Microelectron. Eng. 73-74, 282 (2004).
- [4] J. Hartwich, et al, Applied Physics A 66, pp. 685-688 (1998).
- [5] Ruhl, et al Proceedings of the SPIE, 5130, pp. 1014-1025 (2003).