

## ICP에 의한 RuO<sub>2</sub> 박막의 식각 특성

### Etching Properties of RuO<sub>2</sub> Thin Film in Inductively Coupled Plasma

김창일, 김동표

(Chang-Il Kim, Dong-Pyo Kim)

#### Abstract

In this study, RuO<sub>2</sub> thin films were etched in inductively coupled O<sub>2</sub> plasma. Etching characteristics of RuO<sub>2</sub> thin films including etch rate and selectivity were evaluated as a function of rf power in O<sub>2</sub> plasma and gas mixing ratio in O<sub>2</sub>/Ar plasma. In O<sub>2</sub> plasma, the etch rate of RuO<sub>2</sub> thin film increases as rf power increases. In O<sub>2</sub>/Ar plasma, the etch rate of RuO<sub>2</sub> thin film increases up to 10% Ar, but decrease with furthermore increasing Ar mixing ratio. The enhanced etch rate can be obtained with increasing rf power and small addition of Ar gas.

**Key Words:** FRAM, RuO<sub>2</sub>, Etching, O<sub>2</sub>/Ar, ICP, OES

#### 1. 서론

고집도의 FRAM 메모리 소자를 제작 하기 위하여 현재 PZT (PbZr<sub>1-x</sub>Ti<sub>x</sub>O<sub>3</sub>) 와 SBT (SrBi<sub>2</sub>Ta<sub>2</sub>O<sub>9</sub>) 가 이용되고 있다. 이들 강유전체 재료는 산화물로서 그 박막의 형성은 수 백 °C에서 수행되고, 박막의 형성 중, 고 에너지의 산소 분자 및 원자에 의하여 기판 표면이 산화될 가능성이 크기 때문에 하부 전극에는 산화가 어려운 금속, 산화하여도 산화물이 도전성을 갖는 금속, 혹은 도전성 산화물 등의 물질은 사용하게 된다. 따라서 강유전체 박막의 특성은 대부분 이들 전극 재료 위에 형성된 막에서 조사되고 있다. 이러한 전극 재료로는 Pt, Pd, CeO<sub>2</sub>, RuO<sub>2</sub>, IrO<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 등이 거론되고 있다. RuO<sub>2</sub>를 전극 재료로 사용하여 강유전체 박막을 형성 할 경우 Pt에 비하여 높은 전기 전도도와 강유전체 박막에 대하여 lattice mismatch가 적고, 강유전체의 피로누적 특성을 개선시킬 수 있었다고 보고하고 있다[1-3]. FRAM 메모리 소자의 고집적화를 위하여 전식 식

각 공정을 이용한 미세한 패턴의 형성이 필요하다.

그러므로, 본 연구에서는 FRAM의 전극으로 사용될 RuO<sub>2</sub> 박막을 Ar/O<sub>2</sub> 플라즈마를 이용하여 식각하였고, 식각 변수들인 가스혼합비와 RF 전력에 대한 식각 속도를  $\alpha$ -step를 이용하여 측정하였다. O<sup>+</sup> 이온과 O 원자들의 플라즈마 내에서의 밀도를 OES (optical emission spectroscopy)를 이용하여 분석을 하였다.

#### 2. 실험방법

본 실험을 위하여 0.85~1.15  $\Omega$ .cm의 비저항을 갖는 p형, 5인치 실리콘 웨이퍼를 기판으로 사용하였고, 기판을 1 : 4의 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 및 10 : 1의 H<sub>2</sub>O : HF 용액과 탈이온수(deionized water)로 세척한 후 420 °C에서 SiH<sub>4</sub> 및 O<sub>2</sub> 가스를 사용한 저압화학증착법(LPCVD : Low Pressure Chemical Vapor Deposition)으로 6000Å의 TEOS (Tetraethylorthosilicate) 막을 증착하였다. TEOS 박막을 증착 시킨후 Pt 박막의 접착력을 좋게 하기 위하여 700Å의 Ti막을 스퍼터 증착하였다. Ti막 위에 Varian 3180 스퍼터링 시스템을 사용하여 상온, 6 mTorr 분위기 하에서 Pt 타겟(target)을 사용하여 2000Å 두께의 Pt 박막을

\* 중앙대학교 전기전자공학부  
서울시 동작구 흑석동 221 FAX: 02-812-9651  
(E-mail : dpkim@ms.cau.ac.kr )

증착 하였다. Pt막을 증착 후 Ru 세라믹 single target을 사용하여 rf Anelva SPF-201B 스퍼터 시스템에 의하여 증착 되었다. RuO<sub>2</sub> 박막의 증착은 80% Ar과 20% O<sub>2</sub> 가스 조성으로 5 mTorr 압력에서 수행되었다.

RuO<sub>2</sub> 박막의 식각은 ICP 식각 장비를 이용하여 O<sub>2</sub>/Ar 가스 혼합비, rf 전력 등의 식각 공정 변수를 변화하면서 식각하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 RuO<sub>2</sub> 박막의 식각 메커니즘

강유전체 메모리의 캐패시터의 전극 재료로서 사용될 RuO<sub>2</sub> 박막의 식각에 관한 최근 논문들에 따르면 ECR 이나 ICP O<sub>2</sub> 플라즈마 내에서 RuO<sub>2</sub> 의 식각 메커니즘은 그림 1과 같이 정의하고 있다[4-8].

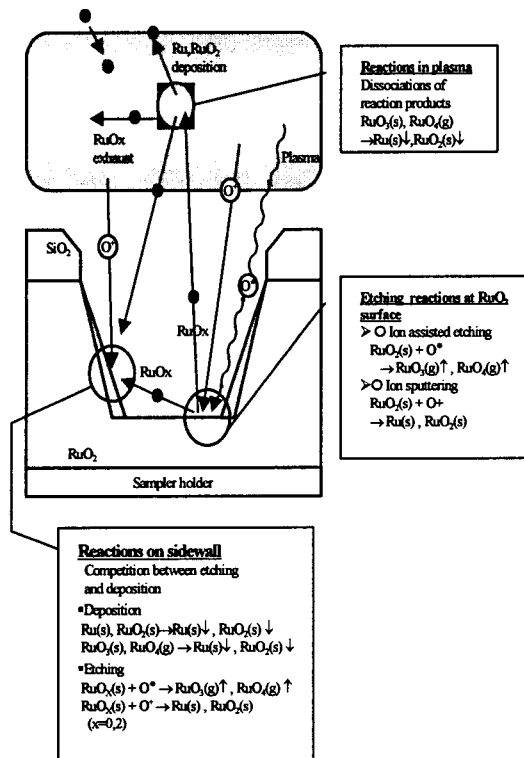
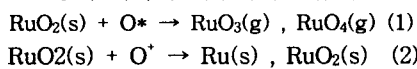


그림 1. O<sub>2</sub> 플라즈마 내에서의 RuO<sub>2</sub> 식각 메커니즘 모델링

RuO<sub>2</sub> 박막 표면에서의 O와의 식각 반응은 다음 식과 같은 반응에 의하여 이루어지고 있다.



위의 식(1)에 의한 O 라디칼과의 반응에 의한 휘발성 식각 부산물인 RuO<sub>3</sub> 와 RuO<sub>4</sub>의 형성과 O\* 이온의 스퍼터 효과에 의하여 RuO<sub>2</sub> 박막은 식각된다 [9].

#### 3.2 식각 속도

그림 2는 O<sub>2</sub> 플라즈마의 rf 전력의 변화에 대한 RuO<sub>2</sub> 와 SBT 박막의 식각 속도 및 SBT 박막에 대한 식각 선택비를 나타낸 것이다. 그림 2에 나타난 바와 같이 rf의 전력이 500W에서 700 W로 증가함에 따라서 RuO<sub>2</sub>의 식각 속도는 685 A/min에서 830 A/min으로 증가하였고, SBT의 식각 속도도 160 A/min에서 300 A/min으로 증가하였다. 그러나, SBT에 대한 RuO<sub>2</sub>의 식각 선택비는 4.3 에서 2.8로 감소하였다. 이는 rf 전력이 증가함에 따라서 식각 반응에 관여하는 O<sub>2</sub>\*와 O\*의 밀도가 증가하여 RuO<sub>2</sub>와 SBT의 식각 속도가 증가 한 것으로 사료된다.

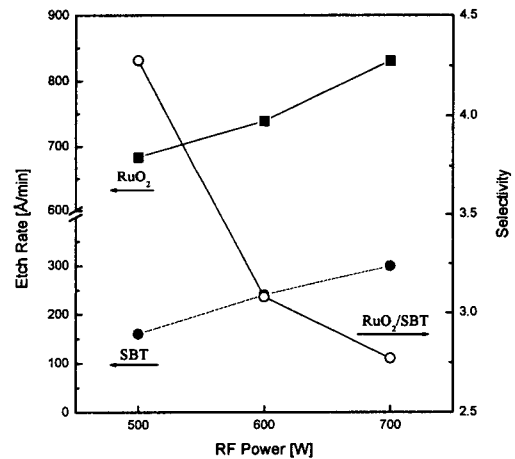


그림 2. RF 전력의 변화에 따른 RuO<sub>2</sub> 와 SBT 박막 식각 속도 및 SBT에 대한 식각 선택비.

그림 3은 O<sub>2</sub>/Ar의 혼합비 변화에 따른 RuO<sub>2</sub> 와 SBT 박막 식각 속도 및 SBT에 대한 식각 선택비. 선택비를 나타낸 것이다. 이때, rf 전력은 600 W, 하부의 직류 바이어스 전압은 -200 V, 반응로 압력은 15 mTorr로 고정하였다. Ar이 20% 첨가 되었을 때 RuO<sub>2</sub>의 식각 속도는 739 A /min에서 858 A /min으로 증가하였고, 20% 이상 Ar이 첨가됨에 따

라서 RuO<sub>2</sub>의 식각 속도는 감소하고 있다. 이는 앞에서 설명한 바와 같이 RuO<sub>2</sub> 박막이 O 라디칼과의 반응에 의해 휘발성이 큰 RuO<sub>3</sub>나 RuO<sub>4</sub>와 같은 식각 부산물을 형성에 의하여 이루어지기 때문에, RuO<sub>2</sub>의 식각은 O 라디칼의 밀도에 관계된다. Ar 가스가 10% 첨가되었을 때의 RuO<sub>2</sub>의 식각 속도의 증가는 O 라디칼의 증가와 Ar 이온의 충격에 의하여 Ru 와 O와의 반응이 촉진되었기 때문이라고 판단된다.

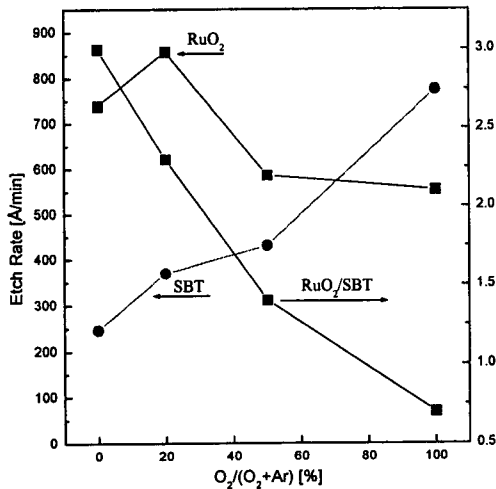


그림 3. O<sub>2</sub>/Ar의 혼합비 변화에 따른 RuO<sub>2</sub> 와 SBT 박막 식각 속도 및 SBT에 대한 식각 선택비.

#### 4. 결론

RuO<sub>2</sub>의 식각 속도는 O<sub>2</sub> 플라즈마에서 rf 전력의 500W에서 700 W로 증가함에 따라서 685 A/min에서 830 A/min으로 증가하였다. O<sub>2</sub>/Ar 플라즈마에서 Ar이 20% 첨가되었을 때 RuO<sub>2</sub>의 식각 속도는 739 A /min에서 858 A/min으로 증가하였고, 20% 이상 Ar이 첨가됨에 따라서 RuO<sub>2</sub>의 식각 속도는 감소하고 있다. RuO<sub>2</sub> 박막이 O 라디칼과의 반응에 의해 휘발성이 큰 RuO<sub>3</sub>나 RuO<sub>4</sub>와 같은 식각 부산물을 형성에 의하여 이루어지기 때문에, RuO<sub>2</sub>의 식각은 O 라디칼의 밀도에 관계된다. 이 결과로부터 RuO<sub>2</sub>의 식각 속도가 O 라디칼의 증가와 Ar 이온의 충격에 의하여 Ru 와 O와의 반응이 촉진되어 증가함을 확인하였다.

#### 참고문헌

[1] H. Yamaguchi, S. Matsubara, K. Takemura, and Y. Miyasaka, Proceedings of the 1992 IEEE 8th Symposium on the Application of

Ferroelectrics, p. 258, 1992.

- [2] 장호정, 서광중, 장지근, 전자공학회논문지, 제 35권 3호, pp.39-45, 1998
- [3] 홍석경, 신주철, 양홍근, 김형준, 한국재료학회 추계학술발표회, 11 p.59, 1996.
- [4] K. Tokashiki, K. Sato, K. Takemura, S. Yamamichi, P. Y. Lesaichere, H. Miyamoto, E. Ikawa, and Y. Miyasaka, Proceedings of the Dry Process Symposium, p. 73, 1994.
- [5] K. Nakamura, T. Shibano, and T. Oomori, Proceedings of the Dry Process Symposium, p. 217, 1997.
- [6] W. E. Bell and M. Tagami, J. Phys. Chem. 67, p. 2432, 1963.
- [7] T. Yunogami and K. Nojiri, J. Vac. Sci. Technol. B, 18(4), pp. 1911-191, 2000.
- [8] E. J. Lee, J. W. Kim, and W. J. Lee, Jpn. J. Appl. Phys., Part 1 37, p. 2634, 1998.
- [9] "CRC Handbook of Chemistry and Physics", 77th ed. edited by D. R. Lide (CRC Press, Boston, 1996)