

이현민*, 김동천, 조월림, 김광영

LG 중합기술원 Material Application Group

* . E-Mail Address : hmlcc@wm.lgc.co.kr

1. 서론

차세대 고집적 Gbit 규모의 Dynamic Random Access Memory (DRAM) 를 개발하기 위해서는 유전율이 큰 고유전 물질의 개발이 필요하다. 이러한 물질의 후보로는 10 GHz 이상의 고진동수에서 고유전 특성을 잃지 않고 화학적, 열적으로 안정되어 있는 $SrTiO_3$ 와 $Ba_{1-x}Sr_xTiO_3$ (BST) 등이 있다.^{1,4} 고유전 물질을 DRAM 에 응용하는데 있어서 전기적인 특성을 향상시키고 집적도를 높이기 위해서는 건식 식각 공정이 필요하며 이와 관련하여 최근 $Pb(Zr_{1-x}Ti_x)O_3$, $SrTiO_3$ ^{5,6} 의 건식 식각 공정에 관한 보고들이 있다. BST 를 Cl_2 가스계로 식각할 경우 식각후 부산물 (by-product) 이 없는 식각 방법 및 식각 기구에 관한 연구가 요구된다. 본 연구에서는 RF magnetron sputtering 법으로 제작된 BST 박막을 Ar / Cl_2 가스계를 이용하여 ICP etcher 에서 식각할 때 공정 조건 별로 어떠한 식각 특성을 보이는지 확인하였다. 또한 식각후 형성된 부산물을 Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) 와 Auger Electron Spectroscopy (AES) 로 성분 분석을 하고, 공정중의 플라즈마 상태를 Optical Emission Spectroscopy (OES) 스펙트럼을 이용하여 진단한 결과를 통해 BST 박막의 식각 기구에 관하여 추정해 보았다.

2. 실험 방법

본 연구에 사용된 BST 박막은 RF magnetron sputtering 법으로 제작하였다. BST 의 하부는 p-type Si (100) 기판 위에 SiO_2 를 열산화 방법을 이용하여 5000 Å 을 입힌후 Ar 과 O_2 분위기에서 기판 온도 550 °C 에서 500 Å 을 증착하였다. BST 박막을 식각하기 위한 마스크로는 LPCVD (Low Pressure Chemical Vapor Deposition) 에서 증착한 SiO_2 를 사용하였으며 이러한 SiO_2 는 사진 식판 방법으로 상을 형성하고 CHF_3 와 O_2 를 사용하여 Reactive Ion Etcher (RIE) 에서 식각하였다. 주요 식각 반응 화합물이 상온에서 거의 휘발하지 않는 BST 는 저압 ($\approx 1-10$ mTorr) 고밀도 플라즈마를 이용하면 상대적으로 식각율이 향상될 것이므로 본 연구에서는 BST 박막의 식각을 위해 저압 공정과 고밀도 플라즈마의 생성이 가능한 그림 1 과 같은 ICP etcher 를 사용하였다. ICP etcher 는 일반적인 RIE 의 반응 용기에 유도 코일을 감은 솔레노이드형 내벽을 갖는 것을 특징으로 한다. 이 유도 코일은 RIE 에 의해 발생된 플라즈마에 RF 진동수로 시간에

따라 변하는 자기장을 인가해 줌으로써 고밀도 플라즈마를 생성할 수 있게 해주며 또한 기판의 설치 방향에 수직인 방향과 수평인 방향의 이온 운동에너지를 하나의 독립 변수로 각각 선정할 수 있는 것을 특징으로 한다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 2 는 가스 혼합비 ($Cl_2 / Ar + Cl_2$) 를 바꾸어 주면서 측정된 BST 박막의 식각율과 마스크에 대한 선택비를 보여준다. 가스 혼합비 의존성은 Cl_2 가 전체 가스 유량의 20 % 가량에서 최고의 식각율을 보여주며 Ar 만으로 식각하였을 때 보다는 Cl_2 를 혼합한 가스로 식각하였을 때 식각율이 2 배 이상 빠르게 나타난다. 순수한 Ar 만으로 식각할 경우의 식각 기구는 스퍼터링에 의해서만 식각이 진행될 것이므로 순수한 Ar 에 Cl_2 가스를 첨가하였을 때 식각 속도가 빨라진다는 것은 첨가된 가스에 의한 화학반응이 식각 기구에 관여된다는 것을 보여준다. 따라서 Ar / Cl_2 가스계에 의한 BST 박막의 식각 기구가 스퍼터링 이외의 식각 기구에 의해 식각이 일어나고 있음을 알 수 있다.

그림 3 은 BST 박막 식각율의 ICP power 의존성을 보여준다. ICP power 는 웨이퍼에 수평인 방향의 운동 에너지를 결정해주며 반응용기 내 플라즈마 밀도를 결정하는 변수이다. 그림 3 과 같이 ICP power 가 증가함에 따라서 BST 박막의 식각율이 비례하여 증가하는 경향을 통해 반응 용기 내 이온의 밀도와 수평 방향 운동 에너지가 식각에 관여된다는 것을 알 수 있다.

그림 4 는 Ar / Cl_2 혼합 가스로 BST 박막을 식각한 후 Scanning Electron Microscopy (SEM) 로 표면을 관찰한 것이다. 본 자료에서 볼 수 있는 바와 같이 식각된 BST 박막의 표면에 약 0.5 μm 정도 크기의 식각후 부산물이 형성되었으며 식각된 후의 BST 박막 표면이 매우 기칠게 된 것을 알 수 있다. 이러한 식각후 부산물을 제거하기 위하여 SF_6 를 첨가해 BST 박막을 식각해 본 결과 그림 5 와 같은 결과를 얻었다. 그림 5 에서 볼 수 있는 바와 같이 Ar / Cl_2 혼합 가스에 SF_6 를 첨가함으로써 Ar / Cl_2 혼합 가스만으로 식각할 때 형성되던 부산물이 제거되고 식각 전후의 막 표면 거칠기를 SEM 으로는 구별할 수 없는 결과를 얻을 수 있었다. Atomic Force Microscopy (AFM) 로 최소 제곱 평균 거칠기 (root mean square roughness) 를 측정해 보면 BST 증착 후 식각 공정이 없었을 때 15 Å 이며 Ar / SF_6 / Cl_2 가스계로 식각한 후에 26 Å 이었다.

4. 결론

본 연구에서는 RF magnetron sputtering 으로 증착한 BST 박막을 Ar / Cl₂ 가스계에서 각 공정 조건에 따른 식각 특성과 식각 기구에 관하여 조사하였다. BST 박막의 식각율은 Ar / Cl₂ 만의 혼합 가스계에서 ICP etcher 를 이용하여 약 450 Å/min 의 식각율로 식각할 수 있었다. Ar / Cl₂ 가스계로 식각할 경우 Cl₂ 계의 부산물이 형성되는 것을 확인 하였으며, 이러한 부산물은 SF₆ 가스를 Ar / Cl₂ 가스계에 첨가하여 식각함으로써 제거할 수 있었다. 식각율의 가스 혼합비의존성과 부산물의 성분, 그리고 OES 스펙트럼은 BST 박막의 식각 기구가 스퍼터링 이외에 Cl 반응기와 Ba, Sr, Ti 간의 화학 반응이 관여됨을 보여준다.

5. 참고문헌

1. K. Koyama et. al., IEDM Tech. Digest, pp. 823-826 (1991).
2. E. Fujii et. al., IEDM Tech. Digest, pp. 267-270 (1992).
3. T. Eimori et. al., IEDM Tech. Digest, pp. 631-634 (1993).
4. S. Hayashi et. al., Symp. VLSI Tech. Diget, pp. 153-154 (1994).
5. N. Ikegami et. al., Dry Process Symp., pp. 179-184 (1995)
6. Hidemitsu Aoki et. al., Jpn. J. Appl. Phys., 32, pp. 376-379 (1993).

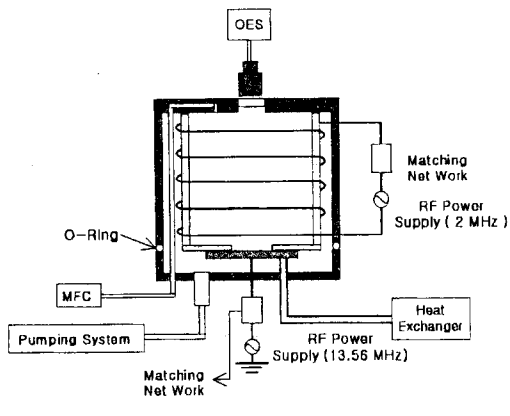


그림 1. ICP Etcher 도식도.

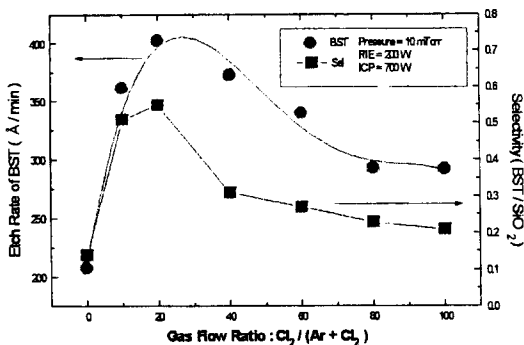


그림 2. BST 박막 식각율의 가스 혼합비 의존성.

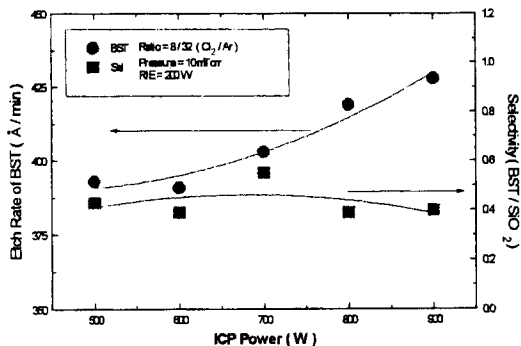


그림 3. BST 박막 식각율의 ICP power 의존성.



그림 4. Ar / Cl₂ = 8 sccm / 32 sccm, Pressure = 10 mTorr, RIE = 150 W, ICP = 700 W 에서 식각한 BST 박막.

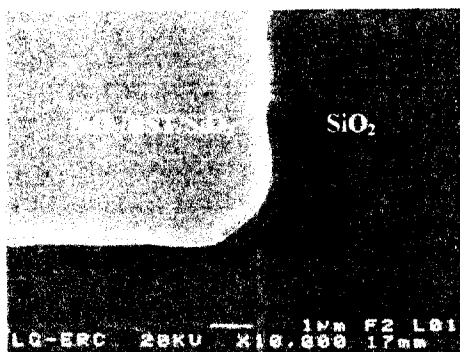


그림 5. Ar / SF₆ / Cl₂ = 2 sccm / 4 sccm / 34 sccm, Pressure = 10 mTorr, RIE = 150 W, ICP = 700 W 에서 식각한 BST 박막.