

## PECVD로 증착한 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 박막의 전기적 특성

### Electrical Characterization of Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Thin Films Deposited by PECVD.

김 선 우, 김 형 준

서울대학교 무기재료공학과

#### 1. 서 론

반도체 기억 소자(DRAM)의 고집적화 기술이 향상되면서 scale-down에 따른 많은 기술적인 요구 사항이 대두되고 있다. 기억 소자의 경우  $\alpha$  입자에 의한 soft error를 방지하기 위한 개별 소자당 저장 전하량이 40fF정도이며, 기억 소자당 차지할 수 있는 면적은  $1.28\mu\text{m}^2$  정도이다 [1,2]. 따라서, 적은 면적과 많은 저장 전하량을 동시에 만족시킬 수 있는 유전 박막 기술 연구가 많이 진행되고 있다.[1] 이는 실리콘 산화막을 이용한 다층복합막 형성 및 박막화(thining) 기술 또는 새로운 유전 물질을 이용하는 방법이다. 현재까지 활발히 연구되고 있는 새로운 유전 물질로는 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>[3]과 perovskite형의 ferroelectrics film종류이다.

본 연구에서는 유전 박막 기술로서 플라즈마를 이용하여 증착시킨 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 박막의 열처리에 따른 전기적 특성과 기판과의 열역학적 반응 가능성을 고찰하고자 한다.

#### 2. 실험 방법

플라즈마를 이용한 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 박막의 증착은 tantalum ethoxide(Ta(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>O)<sub>5</sub>)와 N<sub>2</sub>O를 13.56MHz의 RF를 이용하여 증착하였다. 증착에 사용한 tantalum ethoxide는 metal-organic source이므로, 적당한 증기압을 확보하기 위하여 125℃로 가열하였다. 박막의 증착은 p-Si, n<sup>+</sup>-Si, RTN(rapid thermal nitridation), W, Ta/p-Si등에 행하였으며, 증착된 박막의 후속 열처리를 행하여 그 영향을 고찰하였다.

증착된 박막은 증착 전후 ellipsometer를 이용하여 두께를 측정하였으며, 박막의 전기적 특성을 누설 전류와 정전 용량의 관점에서 측정, 고찰하였다.

증착된 박막은 증착된 상태, 600°C, O<sub>2</sub> 분위기에서 2시간 열처리, 900°C, O<sub>2</sub> 와 N<sub>2</sub>에서 각각 1시간씩 열처리를 행하였다. 박막의 전기적 특성을 측정하기 위하여, MIS 구조(Al/Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/substrate)로 공정을 행하였다. 또한 플라즈마법으로 성장시킨 박막과 비교를 위하여 Ta을 sputtering 및 열산화 시킨 박막을 준비하였다.

### 3. 결과 및 토의

본 연구에서 비교, 고찰한 박막은 다음과 같은 구조로 되어 있다.

as-deposited	600°C, O <sub>2</sub> , 2hr	900°C, N <sub>2</sub> , 1hr	900°C, O <sub>2</sub> , 1hr
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / W on TiN/Si		x	x
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / Ta on p-Si	x	x	x
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / RTN (24 Å)/n-Si	x	x	x
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / p-Si	x	x	x
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / n <sup>+</sup> -Si	x	x	x

Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/W의 경우에는 열처리에 따라 표면의 형상이 변하고 있으며, 이는 열처리 공정중 W이 산소와 반응하여 W<sub>2</sub>O<sub>6</sub> 등의 volatile gas phase를 형성하는 것으로 추측된다. 또한 누설 전류의 거동은 큰 저항값을 갖는 저항체의 전류 특성과 같은 양상을 보여 주고 있다. 이는 열처리 공정후의 표면 형상에도 영향을 받고 있는 것으로 추측된다.

Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/Ta의 경우는 열처리 공정을 거치는 동안 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 박막을 통해 확산해 나간 산소의 영향으로 기판의 Ta이 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>로 산화되고 있는 것을 정전 용량값으로 확인 할 수 있었으며, 이에 따라 누설 전류의 값은 감소하는 경향을 보여 주

고 있다.

Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/RTN의 경우는 열처리에 따라 누설 전류의 감소가 있었으며, 또한 hard breakdown이 일어나는 경향을 보여 주고 있다. 또한 열처리에 따른 정전 용량의 변화가 거의 나타나고 있지 않고 있다. 이는 열처리에 따른 RTN Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 박막이 산소 확산의 장벽 역할 때문이라고 추측된다.

Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/Si의 경우는 열처리에 따라 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>과 Si사이에 계면 산화막이 게재되는 현상을 보여 주고 있으며, 유전 상수도 열처리에 따라 감소하고 있는 경향을 보여 주고 있다.

#### 4. 결 론

Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 박막을 여러 가지 기판위에 성장시켰을 때 박막의 전기적 특성은 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>과 기판과의 상호 작용으로 설명될 수 있으며, 계면에서의 반응이 중요하게 게재되고 있다는 것을 알 수 있었다.

플라즈마 화학 기상 증착으로 성장시킨 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 박막과 Ta을 스파터링 및 열산화법으로 얻은 박막과의 특성 비교를 행하였다.

#### 참고 문헌

- 1) H. Shinriki et al., IEEE Trans. Electron Dev., 37, p1939 (1990).
- 2) T. Kaga et al., IEEE Trans. Electron Dev., 38, p255 (1991).
- 3) S.-O. Kim et al., Thin Solid Films, 206, p102 (1991).

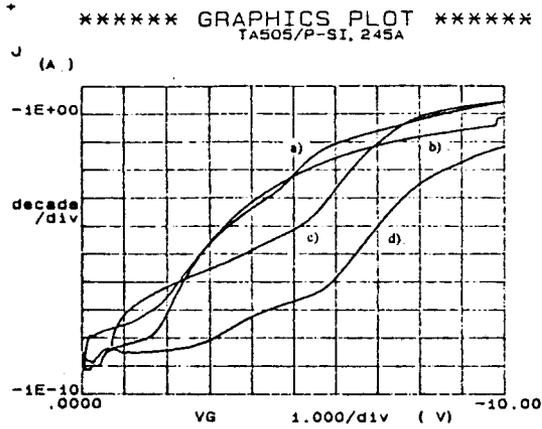


그림 1. Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/Si 구조의 누설 전류 특성  
a) as-deposited, b) 600°C, O<sub>2</sub>, 2hr,  
c) 900°C, N<sub>2</sub>, 1hr, d) 900°C, O<sub>2</sub>, 1hr

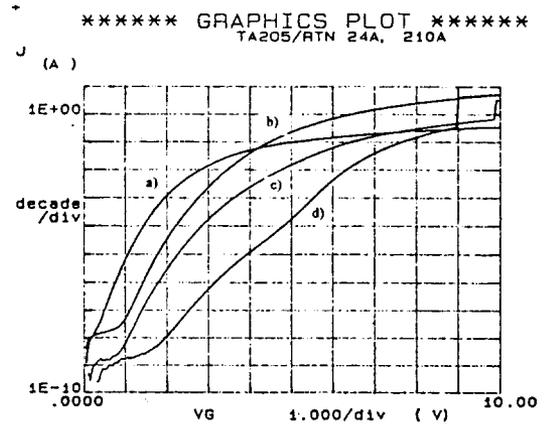


그림 2. Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/RTN 구조의 누설 전류 특성  
a) as-deposited, b) 600°C, O<sub>2</sub>, 2hr,  
c) 900°C, N<sub>2</sub>, 1hr, d) 900°C, O<sub>2</sub>, 1hr

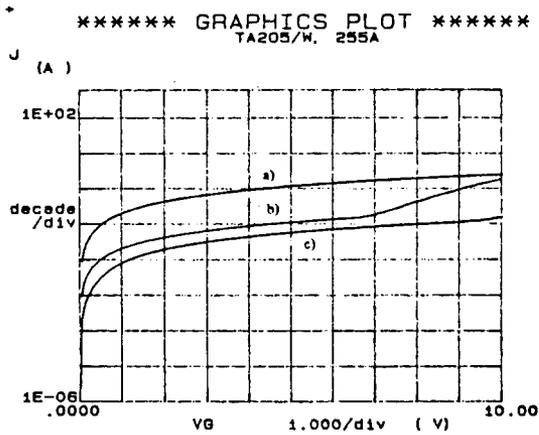


그림 3. Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/W 구조의 누설 전류 특성  
a) 600°C, O<sub>2</sub>, 2hr, b) 900°C, N<sub>2</sub>, 1hr,  
c) 900°C, O<sub>2</sub>, 1hr

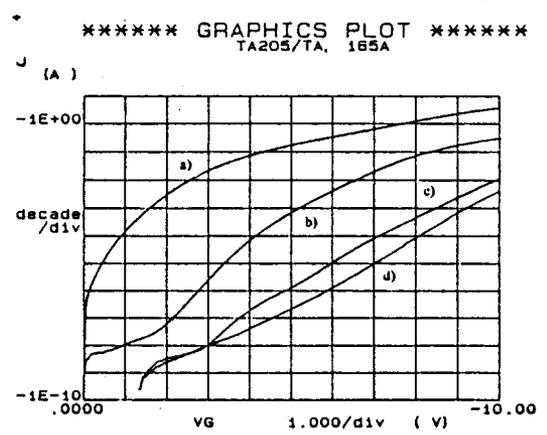


그림 4. Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/Ta 구조의 누설 전류 특성  
a) as-deposited, b) 600°C, O<sub>2</sub>, 2hr,  
c) 900°C, N<sub>2</sub>, 1hr, d) 900°C, O<sub>2</sub>, 1hr