

## Laser CVD에 의한 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 형성과 그 특성

\*홍 성훈\*, 류 지호\*, 양 지운\*, 김 종관\*, 허 운중\*, 성 영권\*  
\*고려대학교 전기공학과.

### The fabrication of Laser CVD Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and its characteristics

S. H. Hong\*, J. H. Ryoo\*, J. W. Yang\*, J. K. Kim\*, Y. J. Huh\*, Y. K. Sung\*  
\* Dept. of Electrical Eng. Korea University

#### Abstract

This paper propose a new Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> film fabrication technique by Laser CVD. Laser CVD is noticable that film formation can be done at low temoerature with less damage. After film deposition, the characteristics of Laser CVD Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> film is evaluated.

#### 1. 서론

ULSI의 고집적화, 고성능화 및 미세화에 수반하여 차세대 초고집적 DRAM device의 storage capacitor 절연막의 점유면적을 감소시키기 위하여 기존의 SiO<sub>2</sub> 보다 높은 유전율을 갖는 고유전체막을 이용하고자 하는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 이들 고유전체막중 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>는 고유전율 ( $\epsilon=22-25$ )을 지니면서도 비교적 높은 파괴전계를 갖고있는 것으로 알려져 주목받고 있는 재료이다. 그러나, 기존의 각종 박막형성법으로 만든 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>막은 누설전류가 많고 내압이 낮아 실용화의 장애 요인이 되기 때문에 이의 개선을 위한 연구가 여러 선진국에서 활발하게 진행되고 있다.

따라서, 우리는 이러한 시점에서 저온공정이면서도, PECVD 막 형성시의 고에너지 이온충돌에 의한 하부 기판손상이 없고 국소선택적인 막형성이 가능한 Laser CVD법으로 TaCl<sub>5</sub>를 원료로 고유전율을 유지하면서도 누설전류가 작은 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 박막 형성 개발을 시도하여 그 특성을 고찰하였다.

#### 2. Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 박막의 형성과 그 측정

그림1은 본 실험에서 사용한 Laser CVD 장치도로서 2개의 window가 달린 진공 반응로, 광원 및 광학계, 기판 가열 장치, 진공 배기계 및 가스 공급장치로 구성되어 있다. Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>를 형성하기위한 기판으로는 비저항

4.5-6  $\Omega$ cm의 p형 (100) Si 기판을 사용하였고, 시료의 제작에 앞서 기판표면의 유기물 및 금속 이온등의 오염과 자연산화막을 제거하기 위한 전처리 과정으로써 기판을 표준 RCA 방법으로 cleaning 하였다. TaCl<sub>5</sub> 고체 source는 증기압이 낮아 140  $^{\circ}$ C로 가열하여 승화시켰고 carrier gas로 N<sub>2</sub>를 사용해 반응로로 도입시켰으며 반응가스가 재응축되는 현상을 방지하기 위해 전극 및 gas inlet line을 165  $^{\circ}$ C로 유지하였다. 또한 희석 혼합 가스로 O<sub>2</sub>를 반응로내에서 혼합시켰다. 특히 본실험에서는 재현성있는 막을 형성하기위해 막을 형성시킬 때 마다 ClF<sub>3</sub>를 이용한 광 etching 방법으로 cleaning 시켜 경시적인 Laser 광량 변동이나 원료가스 발생량 변화등의 불안정 요인의 제거를 도모하였다. 상술한 실험 환경속에서 우선 일정한 반응조건을 유지하면서 파장 193nm의 ArF Excimer Laser를 기판과 평행하게 조사하여 막을 형성시켰다. 이때 Laser power는 5.5W, repetition rate는 50 Hz로 고정시켜 막퇴적율과 굴절율등의 기판온도의존성 및 전기적 특성을 검토하였다. 형성된 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 막두께와 굴절율은 Ellipsometer를 이용해 측정하였으며, 전기적 특성을 평가하기위해서 별도로 형성막위에 Al 전극(지름 2mm)을 진공증착하여 MIS 구조로 구성하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

그림2는 기판온도에 따른 막퇴적율과 이로부터 구한 Arrhenius plot을 나타낸 것으로 기판온도가 증가할수록 퇴적율이 증가하는 양상을 보인다. Arrhenius plot의 기울기로부터 0.03 eV의 activation energy 값을 얻었다. 그러나 굴절율은 기판온도에 관계없이 거의 일정한 값을 나타내었다.

그림3은 반응로 압력에 따른 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 막의 퇴적율의 변화를 나타낸 것으로 반응로 압력이 증가함에 따라 퇴적율이 증가하는 양상을 나타낸다. 이것은 압력이 증가함에 따라 여기되는 반응종들의 밀도가 증가하기 때문으로 생각된다. 그러나, 굴절율은 반응로 압력 변화에 관계없이 거의 일정한 값을 유지하고 있는 것으로 나타났으며, 이것으로 보아 반응로 압력은 막의 밀도 변화에 크게 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다.

그림4는 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 두께에 따른 유전율의 변화를 나타낸 것이다. 유전율은 고주파 (1Mhz) C-V 곡선상의 측정영역에서의 capacitance 값과 Ellipsometer로 측정된 막의 두께를 이용해 계산한 값이다. Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 막의 두께가 얇아 질수록 유전율이 줄어드는 양상을 나타내며 이것은 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/Si 계면에서 얇은 SiO<sub>2</sub> 막이 생성되는 효과라고 생각된다. 즉 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 와 SiO<sub>2</sub>의 두 capacitor가 직렬로 연결된 형태로 전체 capacitor 값이 감소되고 막이 얇을수록 이런 효과가 커지기 때문이라 생각된다.

그림5는 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 두께에 따른 고주파 C-V 곡선의 변화를 나타낸 것으로 형성막의 두께가 비교적 얇을 경우에는 V<sub>FB</sub>가 0의 값을 나타내나, 막의 두께가 두꺼워질수록 V<sub>FB</sub>는 0의 값으로 이동하는 양상을 보인다. 또한 C-V 특성은 주입형의 hysteresis를 나타내나, 막이 비교적 얇을 경우는 hysteresis성이 적고 막두께의 증가와 더불어 hysteresis의 폭이 증가함을 알 수 있다.

그림6은 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 막의 누설 전류-전압 특성을 나타낸 것으로 본 실험에서 얻은 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 막의 누설 전류는 비교적 작아 1 Mv/cm에서 약 10<sup>-7</sup> A/cm<sup>2</sup> 정도의 값을 나타내었다.

상술한 여러 실험 결과로 막의 표면 topology, 막내의 결함, 불순물 등의 효과를 검토하면 누설전류의 원인을 밝힐 수 있을 것으로 생각되어 준비중이다.

#### 4. 결론

Laser CVD법으로 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>막을 형성한 후 막의 물리적, 전기적 특성을 평가한 결과 다음과 같은 사실들을 알 수 있었다.

1) Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>막의 성장율은 기판온도와 반응로 압력이 증가함에 따라 증가하는 양상을 보였으나, 굴절율은 기판온도와 반응로압력에 관계없이 거의 일정한 값을 나타내었다.

2) Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>막의 두께에 따라 유전율은 증가하였으며 이는 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/Si 계면에서 SiO<sub>2</sub>의 형성과 관계가 있는 것으로 생각된다.

3) Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>막의 두께가 커짐에 따라 V<sub>FB</sub>는 0의 값으로 이동하였으며 hysteresis의 폭이 커졌다.

4) Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>막의 MIS 구조에서의 누설전류는 1 Mv/cm에서 10<sup>-7</sup> A/cm<sup>2</sup>로 비교적 작았다.

#### 참고문헌

1. H. Shinriki et al, IEEE Trans. Electron Devices, vol. ED-37, pp. 1939, Sep. 1990
2. G. S. Oehrlein, J. Appl. Phys., 59, 5, pp. 1587, 1986
3. Y. Nishioka et al, J. Appl. Phys., 61, 6, pp. 2335, 1987
4. J. L. Vossen et al, Thin Film process, Academic press Inc., p. 256, 1991

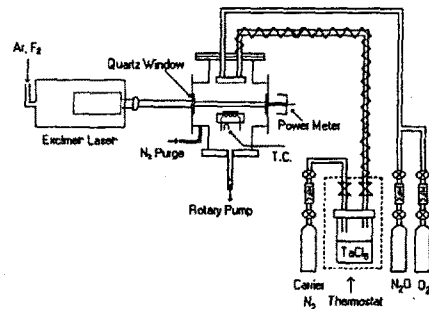
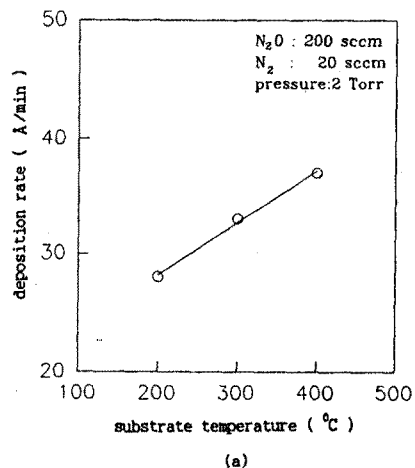


그림1. Laser CVD 장치도



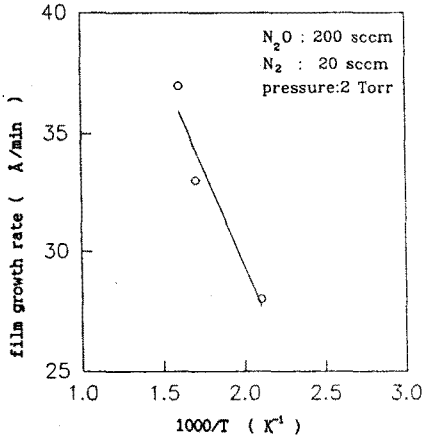


그림2. 퇴적물의 기판온도 의존성(a)과 Arrhenius plot(b)

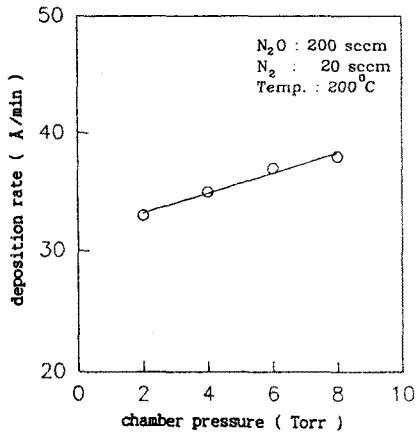


그림3. 퇴적물의 반응로 압력 의존성

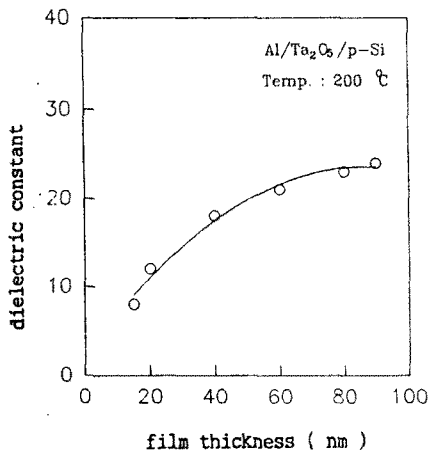


그림4. 막두께에 따른 유전율 의존성

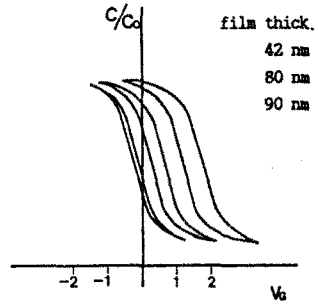


그림5. 막두께에 따른 C-V 특성

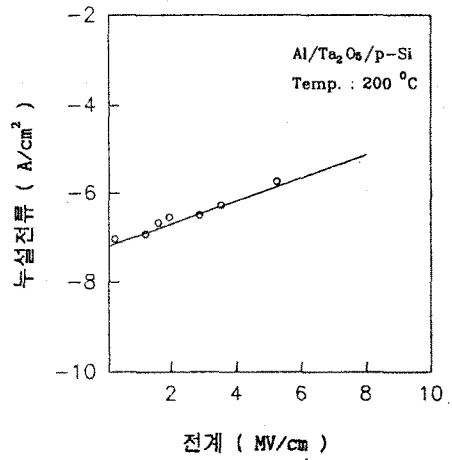


그림6. Ta₂O₅막의 누설전류 특성