

# BCl<sub>3</sub>/He 플라즈마를 이용한 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 박막 식각특성 연구

이현우, 윤선진\*, 김만수\*\*, 권광호\*\*

한서대학교, 전자통신연구소\*, 고려대학교\*\*

## Etching Characteristics of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> film Using BCl<sub>3</sub>/He Plasma

Lee Hyun Woo, Sun Jin Yun\*, Kim Man-su\*\*, Kwang-Ho Kwon\*\*

Hanseu University, ETRI\*, Korea University\*\*

### Abstract

The etching characteristics of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> films using the inductively coupled plasma (ICP) was investigated. The etch gas was the mixture of BCl<sub>3</sub> and He. The effect of ICP source and bias powers on etch rate and etch selectivity to polycrystalline Si was investigated in the etch process of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. The etch rate of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> film was 23nm/min when the source power and bias power were 600W and 60W, respectively. The results also indicated that the etch selectivity to polycrystalline Si could not be enhanced to be higher than 1.0 by changing the ICP source power and bias power, under the experimental conditions used in the present work. Based on plasma parameters extracted from Langmuir probe data, the etching mechanism of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> film was discussed in detail.

**Keyword** : Plasma Etching, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, BCl<sub>3</sub>, Inductively Coupled Plasma

### 1. 서론

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>은 최근에 150℃이하의 저온에서 증착할 수 있는 PEALD (Plasma Enhanced Atomic Layer Deposition) 기술이 개발되어, 저온 증착이 필요한 응용에서 박막트랜지스터(TFT)의 게이트 절연막으로 사용이 가능하게 되었다. 즉 플라스틱 기판같이 저온 공정이 필수적인 응용에서 PEALD 방법으로 증착된 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 박막의 전기적 특성은 높은 유전 상수 (~8), 낮은 누설 전류, 높은 유전파괴전압, 실리콘위에서 열적 안정성 등을 가짐이 보고되었다.[1]

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 건식 식각에 대해 CF<sub>4</sub>/Ar 또는 CF<sub>4</sub>/O<sub>2</sub> 기체 혼합을 사용하여 플라즈마 발생시켜 식각한 연구가 보고된 바 있다.[2,3] 이 방법의 식각 메커니즘은 식각 플라즈마 내의 이온이나 라디칼의 박막과의 물리적 충돌에 의한 스퍼터링으로 보고되었다. 그 결과 낮은 식각 속도와 하부 박막 또는 감광막 (PR)과의 식각 선택도가 나쁜 단점이 있다.

이러한 문제를 극복하기 위하여, 본 연구에서는 BCl<sub>3</sub>/He 혼합 기체를 사용하여 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 박막의 식각 특성을 고찰하고자 하였다. 이를 위해 Langmuir Probe로 플라즈마 특성을 추출하여 식각 특성과의 상관관계를 조사하였다. 또한 다결정 실리콘(Poly-Si)의 식각 특성을 추출하여 하부 기판과의 식각 선택비를 조사하였다.

### 2. 실험

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 박막은 온도 150℃에서 펄스 플라즈마를 이용

한 PEALD 기술로 증착되었으며, precursor로는 trimethylaluminum와 O<sub>2</sub>를 사용하였다.[2] 본 실험에서는 두께 측정을 용이하게 하기 위하여, Si 기판에 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 박막을 증착하여 시료를 제작하였다. 두께측정은 Spectral Thick 2000 (제조사 : K-Mac)과 Tencor P12를 사용하였다.

본 연구를 위하여 ICP etching system을 사용하였으며,[4] 플라즈마 진단은 Langmuir Probe (LP) (DLP2000 제조사: Plasma Inc.)를 사용하여 수행되었다.

식각 기체는 BCl<sub>3</sub>/He 혼합 기체를 사용하였으며 유량은 40sccm과 10sccm으로 고정 시켰고, 압력은 10 mTorr로 고정시켰다. 소스 출력과 바이어스 출력을 각각 400W에서 600W, 30W에서 60W 범위에서 변화시켜 식각 속도와 여러 플라즈마 변수 값들을 추출하였다.

### 3. 결과 및 고찰

Fig. 1 은 소스 출력을 400에서 600 W까지 변화 시키면서 바이어스 출력 30 및 60 W에서 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>과 Poly-Si의 식각속도 측정 결과를 나타내었다. 소스 출력 증가에 따라 식각 속도는 선형적으로 증가하는 경향을 보였으며, 바이어스 출력 30 및 60 W 동일한 경향을 보였다. 바이어스 출력 증가에 따라서 식각 속도 또한 증가하였다. 이러한 현상은 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>과 Poly-Si 박막에서 모두 확인되었다. 소스 600 W, 바이어스 60 W에서 최대 식각 속도 21.2nm/min를 얻었으며, 최대 식각 선택도는 소스 400W 바이어스 30W에서 1.06을 얻었다.

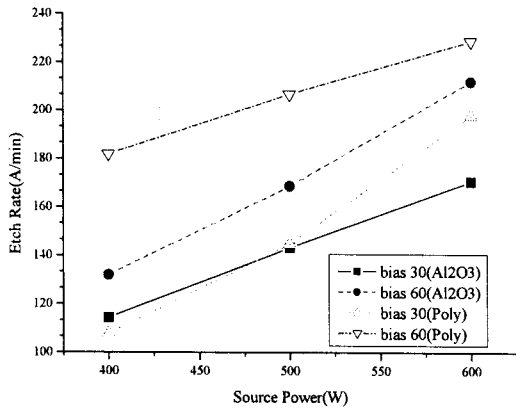


Fig. 1. etch rates of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Poly-Si as function of the source power.

Fig. 2에 공정 변수 변화에 따른 플라즈마의 전자 온도 (Te) 변화를 나타내었다. 전자 온도는 소스 출력에 따라 약간 증가하며 (1.90eV에서 1.96eV로 증가), 바이어스 출력과는 거의 무관함을 알 수 있다.

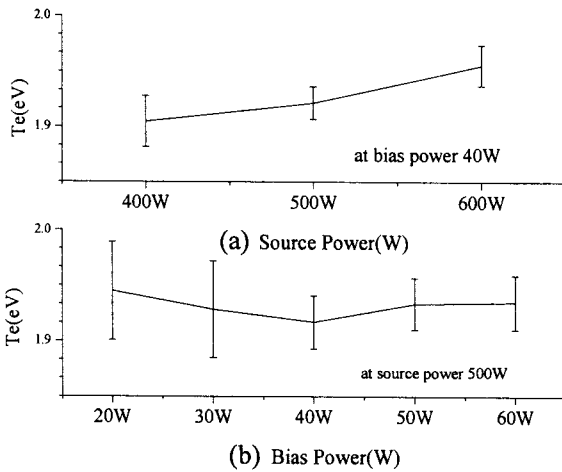


Fig. 2 electron temperature of plasma as a function of (a)source power and (b) bias power.

Fig.3은 공정 변수 변화에 따라 플라즈마내에 형성되는 이온 전류 밀도를 나타낸 것이다. 이온 전류 밀도는 소스 출력이나 바이어스 출력 증가에 따라 모두 선형 증가하는 경향을 보였다. 즉 소스 및 출력 증가할 때에 표면에 도달하는 이온의 밀도가 증가하고, 그 결과 식각 속도가 증가됨을 확인할 수 있다. 한편 바이어스 파워가 20 W에서 60 W까지, 즉 3배 증가함에 따라 약 25% 증가한 반면, 소스 파워가 400 W에서 600 W로 증가함에 따라 약 50% 증가함을 확인할 수 있다. 즉 플라즈마내에서 형성되는 이온 전류 밀도는 소스 파워에 더 민감함을 보여준

다. 한편 소스 파워 및 바이어스 파워의 증가에 따라 self-induced dc-bias 또한 증가함을 확인하였다. 이는 표면에 도달하는 반응성 이온의 에너지가 증가함을 의미하고 결과적으로 식각 속도가 증가함을 보여준다.

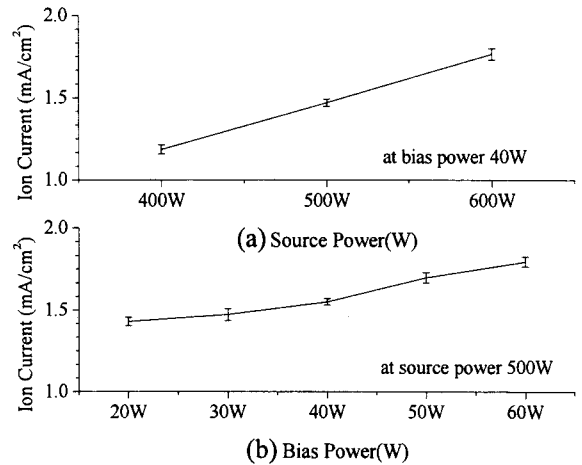


Fig. 3 Ion current density as a function of (a)source power and (b) bias power.

#### 4. 결론

유도 결합 플라즈마 (ICP)를 사용하여 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 박막의 식각 특성을 조사하였다. 식각 기체는 BCl<sub>3</sub>와 He 기체 혼합물을 사용하였다. 식각 속도와 식각 선택도에 ICP 소스 출력과 바이어스 출력 변화가 미치는 영향을 조사하였다. 소스 출력과 바이어스 출력이 각각 600W와 60W일 때 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 최대 식각 속도 23nm/min를 얻었다. 소스 출력과 바이어스 출력이 각각 400W와 30W일 때 다결정 실리콘과의 식각 선택도는 최대 1.0을 얻었다. 소스 출력 증가에 따라서 이온 전류밀도와 self-induced dc-bias 모두 증가하는 결과를 얻었으며 이는 표면에 도달하는 반응성 이온의 에너지와 입자선속이 증가함을 의미하고 결과적으로 식각 속도 증가로 귀결된다.

#### 참고문헌

- [1] J. W. Lim and S. J. Yun, *Electrochem. Solid-State Lett.*, **7**, F45 (2004).
- [2] S. J. Yun, K.-H. Kwon, Y. -E. Lee, and C. I. Kim, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **43**, 2716 (2004).
- [3] R. Hsiao, *IBM J. Res. Develop.*, **43**, 89 (1999).
- [4] Mansu Kim, Nam-Ki Min, Sun Jin Yun, Hyun Woo Lee, Alexander Efremov, and Kwang-Ho Kwon, *Microelectronics Engineering*, in press.