

# MEMS 적용을 위한 thermal CVD 방법에 의해 증착한 SiC막의 etching 특성 평가

최기용<sup>1</sup>, 최덕균<sup>2</sup>, 박지연<sup>3</sup>, 김태송<sup>3</sup>

한양대학교<sup>1</sup>, 한국원자력연구소<sup>2</sup>, 한국과학기술연구원<sup>3</sup>

## Reactive ion etching characterization of SiC film deposited by thermal CVD method for MEMS application

Gi-Yong Choi<sup>1</sup>, Duck-Kyun Choi<sup>2</sup>, Ji-Yeon Park<sup>3</sup> and Tae Song Kim<sup>3</sup>

HanYang Uni., KAERI, KIST

### Abstract

In recent years, silicon carbide has emerged as an important material for MEMS application. In order to fabricate an SiC film based MEMS structure by using chemical etching method, high operating temperature is required due to high chemical stability. Therefore, dry etching using plasma is the best solution. SiC film was deposited by thermal CVD at the temperature of 1000°C and pressure of 10 torr. SiC was dry etched with a reactive ion etching (RIE) system, using SF<sub>6</sub>/O<sub>2</sub> and CF<sub>4</sub>/O<sub>2</sub> gas mixture. Etch rate have been investigated as a function of oxygen concentration in the gas mixture, RF power, and working pressure. Etch rate was measured by surface profiler and FE-SEM. SF<sub>6</sub>/O<sub>2</sub> gas mixture has been shown high etch rate than CF<sub>4</sub>/O<sub>2</sub> gas mixture. Maximum etch rate appeared at 450W of RF power. O<sub>2</sub> dilute mixtures resulted in an increasing of etch rate up to 40%, and the superior anisotropic cross section was observed.

**Key Words** : MEMS, SiC, RIE, Dry etching

### 1. 서론

최근 몇 년 동안에 SiC 박,후막은 MEMS 응용을 위하여 중요한 물질로서 제안되고 있다.[1,2] SiC는 wide bandgap, high thermal conductivity, 그리고 열팽창계수가 낮은 성질을 가지고 있다.[3] 그리고 SiC는 기계적 강도가 높고 화학적으로 안정하기 때문에 기계가공이 아주 어렵다. 따라서 화학적으로 또는 기계적으로 좋지 않은 극한 분위기에 적용하기 위한 MEMS 구조물을 구성하는 구조 재료와 coating layer로서 최적의 물질로 평가된다. 습식에칭을 이용한 chemical 에칭은 고온의 공정이 필요하게 되고 에칭 단면은 등방성을 가진다고 알려져 있고[4], Si-C bonding energy가 크기 때문에 etch 하는데 있어서 커다란 문제점을 갖는다.

특히 일반적으로 사용되던 산 과 강 알칼리와 같은 기본 용액들은 일반적인 온도에서는 반응을 하지 않게 된다. 따라서 저온에서 안정적인 구조물을 만들기 위한 plasma (dry) 에칭이 반드시 필요하며 이에 대한 안정적이고 재현성 있는 공정개발이 요구된다. 본 연구에서는 SiC film을 membrane으로 이용하기 위해서 thermal CVD 방법을 이용하여 증착 시켰다. 그리고 SiC film의 에칭조건을 최적화하기 위해서 SF<sub>6</sub>/O<sub>2</sub>, CF<sub>4</sub>/O<sub>2</sub>의 혼합 가스를 사용하고 reactive ion etching (RIE) system을 이용하여 건식 에칭하였다. 에칭 조건으로는 혼합가스 내의 O<sub>2</sub> 농도와 working pressure를 변화시켜 이에 따른 에칭 속도를 조사하고 단면을 SEM으로 관찰 에칭 상태를 조사하였다.

## 2. 실험

### 2.1 SiC film 증착

SiC는 thermal CVD 방법을 이용하여 silicon wafer위에 증착되었다. 증착조건은 1000℃에서 10 torr 의 압력 하에서 증착되었다. 원료 물질은 MTS(methyltrichlorosilane,  $\text{CH}_3\text{SiCl}_3$ )을 사용하였고, 희석 및 운반기체는 수소를 이용하여 증착하였다. 그리고 1시간과 4시간의 반응시간을 가지고 SiC film을 증착하였다.

### 2.2 SiC etching 특성분석

SiC film을 건식 에칭하기 위한 mask는 반응 gas에 견딜 수 있게 하기 위해서 metal mask를 사용하였다. SiC film위에 lift-off 방법을 이용하여 E-beam evaporator(EBX-1000C, ULVAC)를 이용하여 Al 막을 6000Å을 증착하였다. 에칭 sample은 1.5×1.5mm의 크기로 만들어서 사용하였다. 건식 에칭은 reactive ion etching(RIE; Plasma Therm 790 Series)을 이용하여 실험을 하였다. 에칭 gas는  $\text{CF}_4/\text{O}_2$ 와  $\text{SF}_6/\text{O}_2$ 를 사용하였고, gas의 양과 공정압력은 각각 20sccm과 20mtorr에서 gas의 종류에 따른 실험과 RF power의 변화에 대한 에칭 실험을 하였다. 위의 실험에서 정해진 gas의 종류와 RF power에 대해서 다시  $\text{O}_2$ 의 농도를 0~40%의 변화를 주어 실험을 하였다. 마지막으로 공정압력 변화에 따른 실험을 하였다. etching rate는 surface profiler와 FE-SEM 사진을 이용하여 결정하였으며 에칭단면은 FE-SEM 사진을 이용하였다.

## 3. 결과 및 고찰

그림 1은 Si wafer에 증착된 SiC의 표면과 단면의 SEM 미세구조 사진이다. 그림 1 (a)와 (b)는 각각 1, 4시간의 반응시간에 따라 증착된 SiC film을 나타내었다. SiC film은 증착시에 아일랜드 구조를 만들면서 성장하기 때문에 SEM 사진에서 보여주듯이 1시간의 반응조건에서는 round-top구조를 나타내고 있으며 아직 성장 초기단계이므로 표면의 아일랜드가 표면에 많은 양 산재되어 있는 것을 확인 할 수 있었다. 또한 4시간을 반응시켜 성장한 것보다 아일랜드의 높이가 매우 큰 것을 볼 수 있다. 반면에 4시간의 반응시간에서는 아일랜드

랜드의 형성이 일어난 후에 어느정도 성장단계를 거치면서 round-top구조는 서서히 완화되고 아일랜드들이 옆으로 성장하여 완만하고 일정한 두께의 막으로 성장함을 알 수 있다.

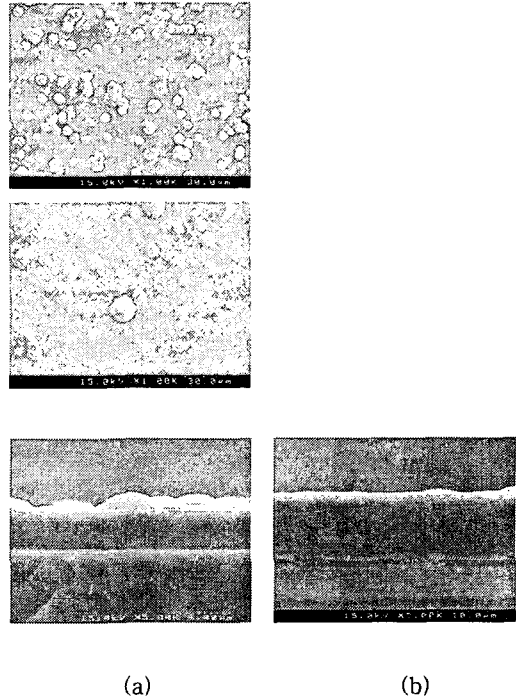


그림 1. 반응시간에 따른 SiC film의 표면과 단면 SEM 사진 (a) 1시간, (b) 4시간.

그림 2에서는 에칭 gas의 종류와 RF power에 변화에 따른 etch rate를 나타내었다.  $\text{SF}_6$ 의 경우 RF power의 증가에 따라 etch rate가 증가하는 것을 볼 수 있었고, 500W에서는 약간의 감소가 일어났는데, 이것은 RF power의 증가에 따라 reflective power의 증가에 의해서 plasma의 안정성이 떨어졌기 때문이라고 예상된다. 그러나  $\text{CF}_4$ 와  $\text{O}_2$ 의 혼합 gas 경우는 etch rate가 170Å 정도가 되었으며  $\text{SF}_6$ 와  $\text{O}_2$ 의 혼합 gas의 경우는 840Å으로 약 5배정도의 etch rate에 차이가 있는 것을 알 수 있었다.  $\text{CF}_4/\text{O}_2$ 가  $\text{SF}_6/\text{O}_2$ 의 혼합 gas보다 etch rate가 떨어지는 이유는 SiC와의 반응식에서 reaction product에  $\text{CF}_x$ 와 (CO,  $\text{CO}_2$ )와 같은 물질을 포함하고 있기 때문이다. 반면에  $\text{SF}_6$ 의 경우는 reaction product를 포함하지 않기 때문에 반응 속

도가 빨라지게 된다. 위의 결과로부터 RF power와 반응 gas는 각각 450W와 SF<sub>6</sub>로 결정하였다.

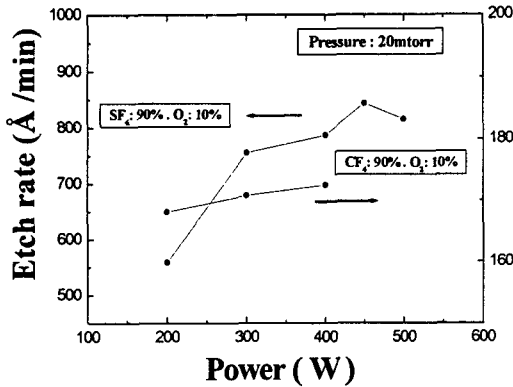


그림 2. 반응 gas와 RF power에 변화에 따른 etch rate.

그림 3은 O<sub>2</sub>의 농도에 따른 etch rate의 변화를 보여 주고 있다. O<sub>2</sub>를 첨가하지 않았을 때에는 800Å/min의 etch rate를 보여 주었으며, O<sub>2</sub>의 농도가 증가함에 따라 etch rate가 점차 증가하여 40%의 농도에서는 880Å/min의 etch rate를 나타내었다.

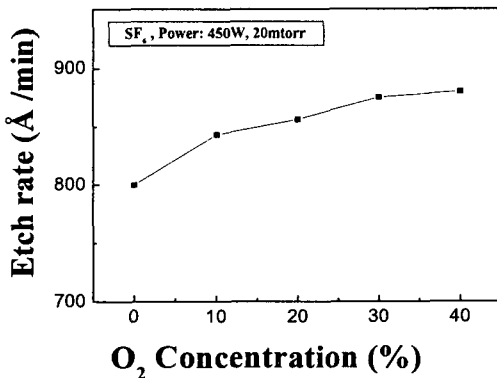
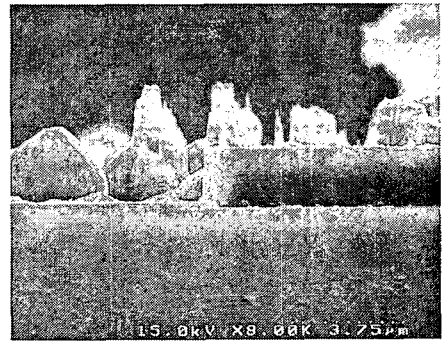
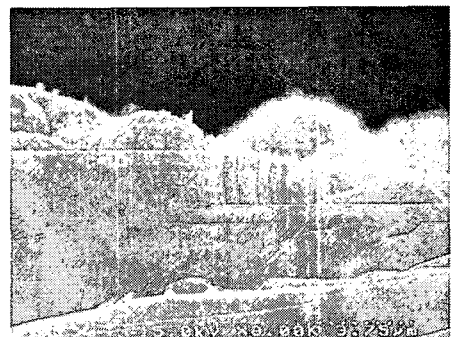


그림 3. O<sub>2</sub> 농도변화에 따른 etch rate.

그림 4는 O<sub>2</sub> 농도에 따른 SiC film의 에칭단면을 나타낸 SEM 사진이다. 사진에서 보듯이 O<sub>2</sub> 농도에 관계없이 식각된 단면이 등방성의 모양을 가지지 않고 이방성의 수직한 식각 단면을 보여주고 있다. 이렇게 얻어진 결과로부터 40%의 산소함량을 고정시키고 공정압력의 변화에 따른 etch rate의 변화를 측정된 결과를 그림 5에 나타내었다. etch rate는 공정압력의 증가함에 따라 100mtorr까지는 크게 증가하다가 100mtorr의 이상으로 압력의 증가에 따라 etching rate가 점차 감소하는 것을 확인 할 수 있었다. 이것은 식각 압력이 증가함에 따라 초기에는 반응 가스의 상대적인 양의 증가에 의하여 반응 gas와 SiC와의 반응성이 증대되다가 100mtor 이상으로 증가함에 따라 오히려 플라즈마내에 존재하는 가스량의 증가에 의한 mean free path의 감소가 영향을 미쳤기 때문으로 생각된다.



(a)



(b)

그림 4. O<sub>2</sub> 농도에 따른 에칭 단면의 SEM 사진  
(a) 30% (b) 40%.

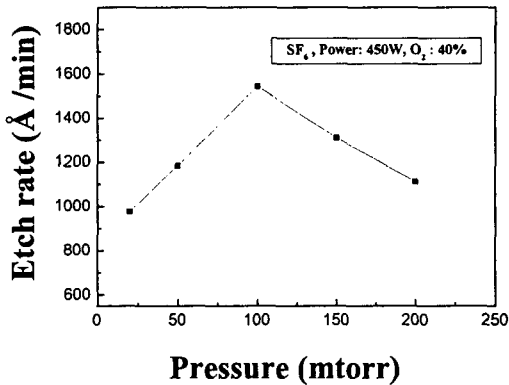


그림 5. 공정압력 변화에 따른 etch rate.

#### 4. 결 론

MEMS 소자에 적용하기 위한 SiC 박막은 thermal CVD 방법에 의해서 1000℃의 온도에서 10torr의 압력하에서 Si 기판위에 증착되었다. SF<sub>6</sub>와 O<sub>2</sub>의 혼합 gas가 CF<sub>4</sub>와 O<sub>2</sub>의 혼합 gas에 비해서 etch rate가 약 5배가 높은 것을 확인 할 수 있었으며, 450W의 RF power에서 최대 etch rate가 나타나는 것을 확인 할 수 있었다. 그리고 O<sub>2</sub>의 농도에 따른 에칭 실험에서는 O<sub>2</sub>의 농도가 증가함에 따라서 etch rate가 증가함을 보여주었다. 또한 에칭된 단면은 등방성의 단면이 아닌 수직한 단면이 나타나는 것을 확인 할 수 있었다. 마지막으로 공정압력에 따른 에칭 실험에서는 압력이 증가함에 따라 etch rate가 크게 증가하는 것을 확인 할 수 있었으나 공정압력이 100mtorr 이상에서는 점차 감소하는 것을 보여 주었다.

#### 감사의 글

본 연구는 IMT-2000 출연금 기술개발사업의 연구비 지원을 받아 수행되었으며 이에 감사드립니다.

#### 참고 문헌

- [1] M. Mehregany, C.A. Zorman, " SiC MEMS : opportunities and challenges for applications in harsh environments", Thin Solid Films 355/356, p 518, 1999.
- [2] P.M. Sarro, "Silicon carbide as a new MEMS technology", Sen. Actuators A 82, p 210, 2000
- [3] S. Sriram, R. C. Clarke, A. A. Burk, Jr., H. M. Hobgood, P. G. McMullin, P. A. Orphanos, R. R. Siergiej, T. J. Smit, C. D. Brandt, M. C. Driver, and R. H. Hopkins, IEEE Electron Device Lett. EDL-15, p 458, 1994.
- [4] J. S. Shor, X. G. Zhang, and R. M. Osgood, J. Electrochem. Soc. 139, p 1213, 1992.