

## 극한 환경 MEMS용 다결정 3C-SiC 박막의 성장

김강산, 정귀상  
울산대학교

### Growing of polycrystalline 3C-SiC thin films for harsh environment MEMS applications.

Kang-San Kim, Gwi-Sang Chung  
Univ. of Ulsan

**Abstract :** The polycrystalline 3C-SiC thin films heteroepitaxially grown by LPCVD method using single precursor 1, 3-disilabutane at 850 °C. The crystallinity of the 3C-SiC thin film was analyzed by XPS. Residual strain was investigated by Raman scattering. The surface morphology and voids between SiC and SiO<sub>2</sub> were measured by SEM. The grown poly 3C-SiC thin film is very good crystalline quality, surface like mirror, and low defect and strain. Therefore, the polycrystalline 3C-SiC is suitable for harsh environment MEMS applications.

**Key Words :** Polycrystalline, 3C-SiC, MEMS, LPCVD

#### 1. 서 론

기술 선진국들의 연구개발은 변화하는 사회, 경제적인 요구에 부응하기 위해 고부가가치 창출이 가능한 부피가 작고, 가볍고, 반응속도가 빠른 첨단제품의 개발에 집중하고 있다. 표면 마이크로머시닝기술을 이용한 미세구조물 형성이 용이해짐에 따라 MEMS 분야의 발전이 급속히 가속화되고 있지만, Si의 낮은 밴드갭으로 인해, 집적화된 MEMS의 높은 발열문제를 극복하기에는 그 한계가 있다. 때문에, Si에 비해 밴드갭이 2~3배 이상 높고 열전도도가 3배가량 뛰어나 높은 한계온도를 가지며 화학적 안정성과 내부식성이 매우 양호한 SiC에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 여러 종류의 SiC중에서 특히, 3C-SiC는 저온에서 다양한 기판위에 대면적 성장이 가능하며 Si-MEMS기술을 그대로 적용할 수 있다는 장점으로 인해 MEMS용으로 가장 적합하다. 3C-SiC는 입자의 결정구조에 따라 단결정 및 다결정으로 나누어지는데 일반적으로 단결정 3C-SiC는 1300 °C 이상의 고온에서 성장이 가능하지만 Si와 SiC의 열팽창계수 차이, 격자부정합에 의한 cracking, 뒤틀림, 그리고 고온에서의 발생하는 잔류응력으로 인해서 MEMS용으로 적합하지 않다. 따라서, 상대적으로 낮은 온도에서 성장이 가능하고, 결함이 적은 다결정 3C-SiC의 성장이 중요하다.

본 연구에서는 LPCVD법으로 상온에서 액체 상태인 1, 3-disilabutane (DSB: H<sub>3</sub>Si-CH<sub>2</sub>-SiH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>)을 단일 전구체로 사용하여 산화막이 성장된 Si기판위에 다결정 3C-SiC 박막을 성장시켜 특성을 분석 및 평가하였다.

#### 2. 실험

그림 1은 본 연구에서 사용한 LPCVD 장치를 도식적으로 나타낸 것이다(TekVac CVD-300-M). 75 mm의 내부직경

과 길이 600 mm의 석영관으로써 온도가 일정하게 유지되는 450 mm의 hot-wall zone으로 구성되어 있다. 열산화막이 성장된 Si기판에 반응 가스의 순도를 높이기 위해서 액체 질소로 결빙과 해동이 반복된 1,3-DSB를 사용하였다. 특히, 기판은 가스의 흐름과 수평이 되도록 로딩해서 50 mTorr, 850 °C 그리고 1,3-DSB의 유량은 5.5 sccm의 성장조건에서 1시간 증착했으며 막의 두께는 2.708 μm였다. 본 연구에서는 성장된 다결정 3C-SiC 막의 화학조성과 결정성은 XPS와 Raman scattering으로 각각 분석했으며, 표면과 계면의 결함은 SEM으로 평가하였다.

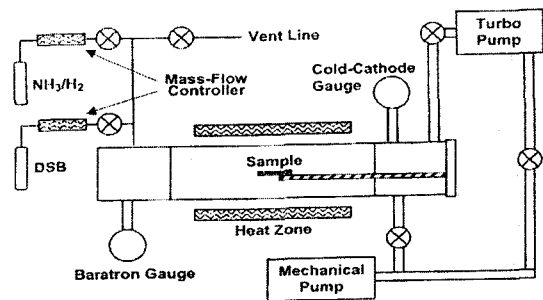


그림 1. 다결정 3C-SiC 성장을 위한 LPCVD 장치의 도식도.

#### 3. 결과 및 고찰

그림 2는 산화막이 성장된 Si기판위에 증착된 다결정 3C-SiC 박막의 XPS 측정된 것으로 Si, C의 피크 부분을 확대해서 core level scan한 것이다. 본 연구에서는 0.05 eV의 간격으로 scan하였으며 100.65 eV, 282.85 eV에서 각각 Si 2p와 C 1s의 피크가 나타났다. 분석결과 Si 2p, C 1s의 원소의 함유량은 각각 44.6 %, 41.8 %이며 Si/C의 비율이 거의 1 : 1로 나타났다. 따라서, LPCVD으로 850 °C의 저온에서

다결정 3C-SiC 박막성장이 가능함을 알 수 있다.

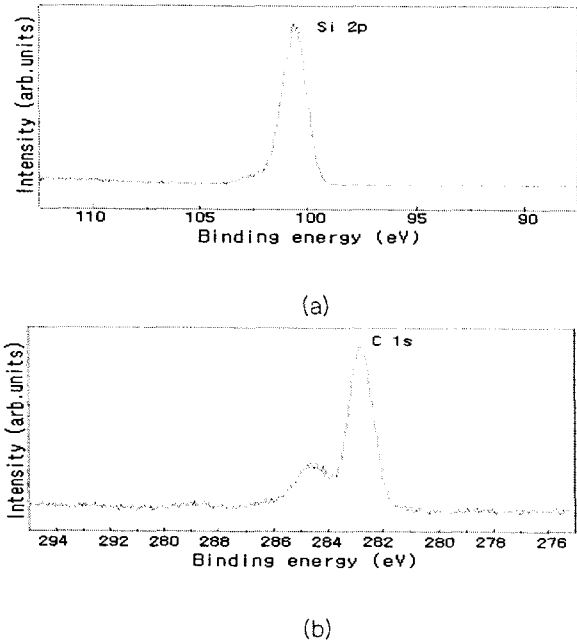


그림 2. 다결정 3C-SiC 박막의 XPS 스펙트럼 (a) Si 2p, (b) C 1s

그림 3은 LPCVD로 증착된 다결정 3C-SiC 박막의 Raman scattering을 나타낸 것이다 (laser 514.532nm Ar-ion laser). TO 와 LO 피크는  $795\text{ cm}^{-1}$ 와  $963\text{ cm}^{-1}$ 에서 각각 관측되었다. 응력에 의한 다결정 SiC의 탄성값은 380 GPa이고 평균 스트레인은 응력과 장력이 존재하지 않는 free 스트레인을 0으로 볼 때 0.08 %로 측정되었다. 결정성이 양호해질수록 피크는 낮은 에너지 대역으로 이동하는데 6H-SiC와 단결정 3C-SiC의 경우, 고온 성장으로 인한 잔류응력의 영향으로 TO ( $797\text{ cm}^{-1}$ )와 LO ( $974\text{ cm}^{-1}$ )가 각각 관측되었다. 따라서, 본 연구에서 성장된 다결정 3C-SiC 박막은 상대적으로 낮은 잔류응력 때문에 MEMS에 적합할 것으로 사료된다.

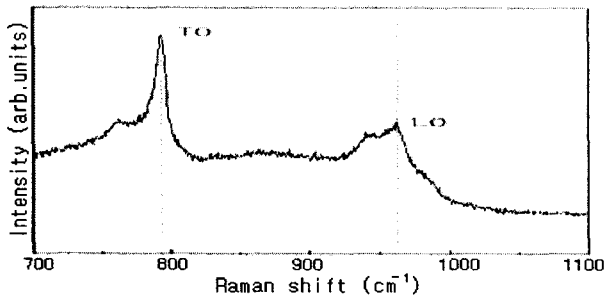
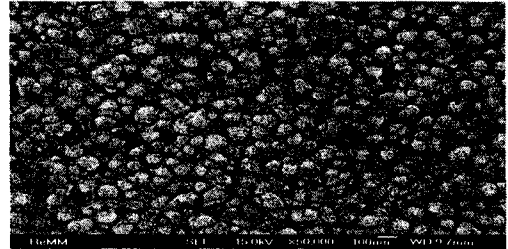


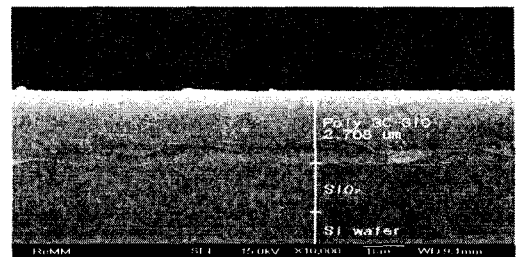
그림 3. 다결정 3C-SiC 박막의 Raman scattering 분석.

그림 4는 성장된 다결정 3C-SiC 박막의 표면과 단면의 SEM 이미지이다. 표면의 그레인 크기와 입자의 크기가 일정한 것을 볼 때 성장 상태가 양호함을 알 수 있다. 단면 사진의 경우, SiC는 2.709

μm의 두께를 가지며 단면 SEM 사진으로부터 알 수 있듯이 밀도가 매우 균일하고 기판의 뒤틀림이나 계면간의 결함없이 양질의 다결정 3C-SiC막이 성장됨을 알 수 있다.



(a)



(b)

그림 4. 성장된 다결정 3C-SiC 박막의 (a) 표면과 (b) 단면의 SEM 이미지.

#### 4. 결론

본 논문은 1,3-DSB를 단일 전구체로 사용하여 열산화막을 갖는 Si기판위에 LPCVD로 이중결정성장시킨 다결정 3C-SiC의 특성을 분석하였다. XPS 분석으로 화학적 조성의 주성분은 Si와 C가 1 : 1 비율로 존재하는 다결정 SiC임을 확인하였고, 성장이 진행됨에 따라 결함의 정도가 감소하였다. 또한, Raman scattering과 SEM 분석을 통해 850 °C의 저온에서 박막내의 뒤틀림, 계면간의 결함, 잔류응력이 거의 존재하지 않는 입자의 크기가 고르고 밀도가 균일한 양질의 다결정 3C-SiC 박막이 성장됨을 확인하였다.

따라서, LPCVD로 성장된 다결정 3C-SiC는 차세대 반도체 혹은 SiC-MEMS 분야에 유용하게 적용될 것으로 기대된다.

#### 참고 문헌

- [1] G. S. Chung, Sensing & Actuators A, 39, 241(1993).
- [2] P. M. Sarro, Sensors & Actuators A, 3, 210(2000).
- [3] C. R. Stoldt et al., Sensors & Actuators A, 97, 410 (2002).