

## 다결정 3C-SiC 박막의 기계적 특성

한기봉, 정귀상  
울산대학교

### Mechanical Characteristics of Poly 3C-SiC Thin Films

Ki-Bong Han, Gwi-Sang Chung  
Univ. of Ulsan

**Abstract :** In this paper, the elastic modulus and hardness of poly 3C-SiC thin films grown by APCVD were measured using nanoindentation test. The resulting values of elastic modulus E and hardness H of the poly 3C-SiC film are 305 GPa and 26 GPa, respectively. The mechanical properties of the poly 3C-SiC film are better than bulk Si wafers. Therefore, the poly 3C-SiC thin film is suitable for abrasion resistance, high frequency, and bio MEMS applications.

**Key Words :** Poly 3C-SiC, Elastic modulus, Hardness, Mechanical properties.

### 1. 서 론

Si 마이크로머시닝기술을 기반으로 급속히 발전되고 있는 Si-MEMS는 고온, 고압, 마모성, 부식성 그리고 산화성 등 극한환경에는 적합하지 않다. 최근에 자동차, 조선, 우주항공 등의 수송기계 엔진용 절연재료, 마이크로 센서와 마이크로 액추에이터, 발전소 전력제어용 고용량 부품뿐만 아니라 고전력 스위치나 각종 전기회로의 고전력용 전자부품으로의 적용이 가능한 화학적, 기계적 성질이 우수한 특성을 갖는 MEMS용 재료가 필요하다. 여러 가지 광대역 반도체중에서도 탄화규소(SiC)는 지난 '80년대 초부터 MEMS용 재료로써 연구되어 왔다<sup>[1]</sup>. 3C-SiC는 Si 혹은 절연성 기판위에 단결정과 다결정 박막을 각각 대면적으로 결정성장할 수 있는 유일한 다형체이다<sup>[2,3]</sup>. 특히, 결정 성장된 3C-SiC 박막은 Si 식각에 비활성 물질이기 때문에 벌크 및 표면 Si 마이크로머시닝기술로 마이크로 구조물 제작이 가능하다. 이러한 우수한 특성에도 불구하고 CVD로 결정 성장된 3C-SiC 박막은 격자 부정합과 열팽창 계수의 차이 때문에 잔류응력과 결함 등의 존재로 MEMS에 사용하기 전에 정확한 기계적 특성을 분석해야 한다.

따라서, 본 연구에서는 APCVD법으로 열산화막이 형성된 Si 기판위에 이중성장 시킨 다결정 3C-SiC 박막의 기계적 물성 측, 기계적 강도에 영향을 미치는 탄성계수와 기계적 마모에 밀접한 관계를 가지는 경도를 나노압입법을 이용하여 측정 및 분석하였다<sup>[4]</sup>.

### 2. 실 험

본 연구에서는 3C-SiC를 결정 성장시키기 위하여

Si와 C의 공급원으로 Organosilane 화합물인 HMDS 그리고 운반 가스로 Ar과 H<sub>2</sub>를 각각 사용하였다[5]. 그림 1은 APCVD에 의해 성장된 직경 2인치 다결정 3C-SiC 박막을 광학 사진을 나타낸 것이다.

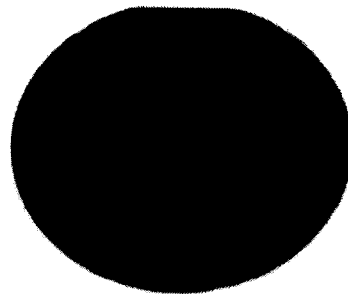


그림 1. 열 산화된 Si기판위에 성장된 2인치 다결정 3C-SiC 박막의 표면사진.

그림 2는 다결정 3C-SiC 박막의 기계적 물성 값을 측정하기 위하여 인덴터의 압입한 지점들을 나타낸 것이다.

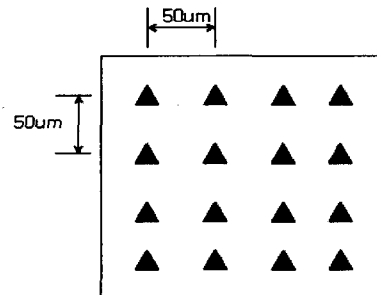


그림 2. 나노 압입자의 측정위치.

기계적 물성 값은 한 개의 박막 시험편에 대해 16

개 지점에서 기계적 물성을 측정 후, 이들 각각을 평균한 값으로 나타내었다. 나노 압입 시험은 나노 압입 자 XP의 연속 강성 측정 (CMS) 방법을 사용하여 압입 깊이에 따른 탄성계수와 경도를 각각 측정하였다. 측정시 다결정 3C-SiC의 프와송비는 0.16으로 가정하였다<sup>[6]</sup>.

### 3. 결과 및 고찰

그림 3은 Si 기판위에 이중 성장시킨 다결정 3C-SiC 박막의 압입 깊이에 따른 탄성계수를 보여준 것이다. 이때 다결정 3C-SiC 박막의 탄성계수 값은 305 GPa임을 알 수 있다. 이는 Si의 탄성계수 180 GPa에 비해 170 % 큼으로 다결정 3C-SiC 박막은 기계적 특성이 우수함을 알 수 있다.

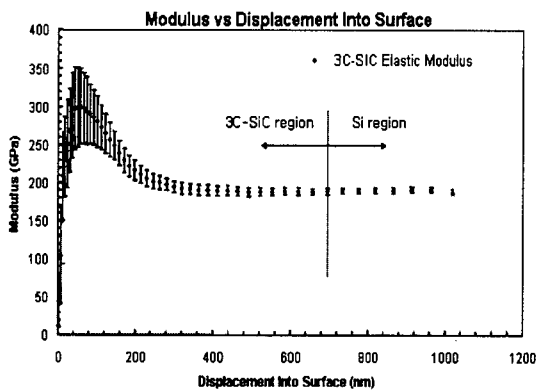


그림 3. 다결정 3C-SiC 박막의 깊이에 따른 탄성계수

그림 4는 다결정 3C-SiC 박막의 압입 깊이에 따른 경도 H를 나타낸 것이다.

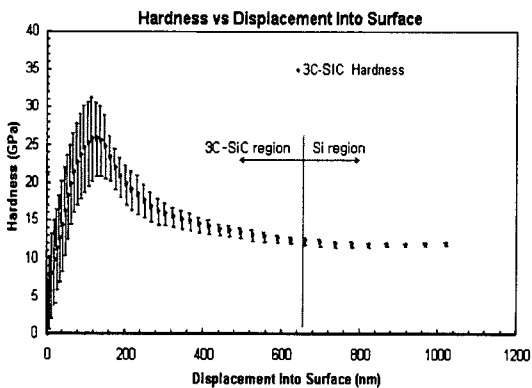


그림 4. 다결정 3C-SiC 박막의 깊이에 따른 경도 변화

여기서, 다결정 3C-SiC 박막의 경도 값은 26 GPa임을 알 수 있다. 이는 Si의 경도 8.3 GPa와 비교할 때 313 % 이상 큼으로 Si에 비해 내마모성이 우수함을 알 수 있다.

### 4. 결론

본 연구에서는 나노 압입법으로 APCVD법으로 열산화막을 갖는 Si 기판위에 이중 성장시킨 다결정 3C-SiC 박막의 탄성계수와 경도를 분석 및 평가하였다. 기계적 강도와 밀접한 관계가 있는 탄성계수는 다결정 3C-SiC 박막이 Si에 비해 1.7배 이상 큰 값을 가졌다. 또한, 내마모성에 영향을 미치는 경도 역시 다결정 3C-SiC 박막이 Si에 비해 3배 이상 큰 값을 가짐을 확인하였다. 즉 3C-SiC 박막은 Si에 비해 기계적 성질이 매우 우수함을 알 수 있었다.

따라서 다결정 3C-SiC 박막의 기계적 물성치는 극한 환경, 초고주파 그리고 바이용 SiC-MEMS 설계 및 해석할 때 사용될 것으로 기대된다.

### 감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지역혁신인력양성사업과 교육인적자원부의 Post BK21사업 연구결과로 수행되었습니다.

### 참고 문헌

- [1] J. A. Powell, L. G. Matus, "Recent developments in SiC", in Proc. 1st Int. Conf. Amorphous and crystalline Silicon Carbide and Related Materials, West Germany, pp. 2-12, 1989.
- [2] S. Nishino, J. A. Powell, H. A. Will, "Production of large area single-crystal wafers of cubic SiC for semiconductor devices", Appl. Phys. Lett., vol. 42, pp. 460, 1983.
- [3] J. A. Powell, Neudeck, L.G. Matus, J. B. Petit, "Progress in silicon carbide semiconductor technology", in Mmat. Res. Soc. Symp. Proc. vol. 242, pp. 495-505, 1992.
- [4] W. C. Oliver, G. M. Pharr, "An improved technique for determining hardness and elastic modulus using load and displacement sensing indentation experiments", J. of Materials Research, vol. 7, pp. 1564-1583, 1992.
- [5] G. S. Chung, K. S. Kim, J. H. Jeong, "Growth of poly crystalline 3C-SiC thin film for M/NEMS application by CVD", J. of the Korean Sensor Soc., vol. 16, no. 2, pp. 85-90, 2007.
- [6] K. M. Jackson, "Fracture strength, elastic modulus and poisson's ration of polycrystalline 3C thin-film silicon carbide found by microsample tensile testing", Sensors & Actuators A, vol. 125, pp. 34-40, 2005.