

H₂ 캐리어가스가 다결정 3C-SiC 박막의 기계적 특성에 미치는 영향

한기봉, 정귀상, HOANG Sy Hong
울산대학교

Effects H₂ carrier gas on the mechanical properties of poly 3C-SiC thin films

Ki-Bong Han, Gwiy-Sang Chung, HOANG Sy Hong
University of Ulsan.

Abstract : This paper presents the mechanical properties of 3C-SiC thin film according to 0, 7, and 10% carrier gas (H₂) concentrations using Nano Indentation. When carrier gas (H₂) concentration was 10%, it has been proved that the mechanical properties, elastic modulus and hardness, of 3C-SiC are the best of them. In the case of 10% carrier gas concentration, Young's modulus and Hardness were obtained as 367 GPa and 36 GPa, respectively. When the surface roughness according to H₂ concentrations was investigated by AFM (atomic force microscope), when H₂ concentration was 10%, the roughness of 3C-SiC thin was 9.92 nm, which is also the best of them. Therefore, in order to apply poly 3C-SiC thin film to MEMS applications, H₂ concentration's rate should increase to obtain better mechanical properties and surface roughness.

Key Words : Poly 3C-SiC, elastic modulus, hardness, carrier gas

1. 서론

3C-SiC 박막은 Si에 비하여 기계적, 화학적 성질이 매우 우수하기 때문에 극한환경에 적합하다. 최근 3C-SiC 박막은 극한환경에서 사용하기 위한 MEMS소재로 각광을 받고 있다. 특히, 이중결정성장된 3C-SiC박막은 벌크 및 표면 Si 마이크로머싱기술을 이용하여 미세구조물제작이 가능하다. 이러한 우수한 특성에도 불구하고 3C-SiC박막에 대한 기계적 물성평가는 지금까지 미흡한 실정이다. 기계적 성질 즉, 경도와 탄성계수는 MEMS에 대한 신뢰성과 성능에 중요한 영향을 미치기 때문에 박막의 기계적 성질은 MEMS의 설계 및 해석할 때 필수적인 자료이다. 3C-SiC 박막의 성장과정에서 온도, 압력, 가스양 그리고 캐리어가스(H₂)농도는 박막의 특성에 지대한 영향을 미친다. 기존 연구자들은 그 중에서 캐리어가스(H₂)농도가 3C-SiC박막의 기계적 성질에 미치는 영향에 대한 연구가 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 캐리어가스(H₂)농도에 따른 다결정 3C-SiC박막의 기계적 성질을 나노압입법을 이용하여 측정하였고, 이들 각각을 AFM의 분석에 의해 표면 거칠기를 조사한 다음, 캐리어가스(H₂)농도가 기계적 성질과 표면 거칠기에 미치는 영향을 비교, 분석하였다.

2. 실험

본 연구에서는 다결정 3C-SiC 박막을 결정 성장시키기 위하여 Si와 C를 공급원으로 HMDS((CH₃)₆Si₂, 순도 99.99%)를 사용하였고, 수소와 아르곤을 캐리어가스로 사용하였다. 이때 캐리어가스(H₂)농도가 기계적 성질과 표면 거칠기에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 수소농도가 0%, 7%, 10%일 때, 각각의 3C-SiC박막을 성장시켰다. 그림 1은 Si(100)위에 성장된 다결정 3C-SiC 박막 사진을 나타낸다.

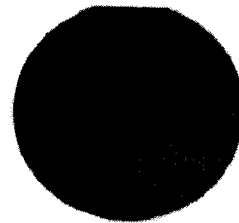


그림 1. 성장된 다결정 3C-SiC박막

3C-SiC박막의 탄성계수와 경도는 박막시편에 대하여 9개 지점에서 나노압입으로 측정된 후 이들 각각을 평균한 값으로 나타내었다. 그림 2는 박막에서 측정된 위치를 보여준다.

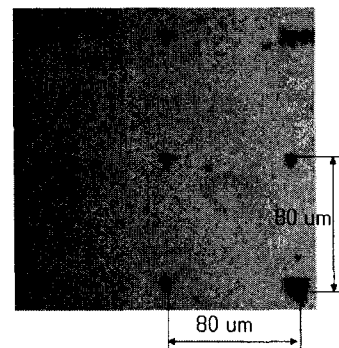


그림 2. 박막에서 측정된 위치

이때 압입깊이는 Si 영역까지 고려하여 1200nm이고, 각각의 압입되는 지점과 지점사이의 영향을 최소화 하기위해 80μm로 하였다. 측정 시 프와송비는 0.16으로 가정하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 3은 3C-SiC 박막의 AFM 사진을 나타낸다. 여기서 캐리어가스(H₂)농도가 0%, 7%, 10%일 때, 박막의 표면 거칠기 값은 각각 61.7nm, 10.65nm, 9.92nm이다. 이 경우에 캐리어가스(H₂)농도가 0%와 7%사이에서는 표면 거칠기 값이 급격하게 향상되다가 7%에서 10%구간에서는 미소한 변화가 있음을 알 수 있다. 표면 거칠기는 기계적 마모에 영향을 미칠 뿐만 아니라, 미소공진시스템에서 공기저항으로 인한 감쇠 비를 증가시킨다.

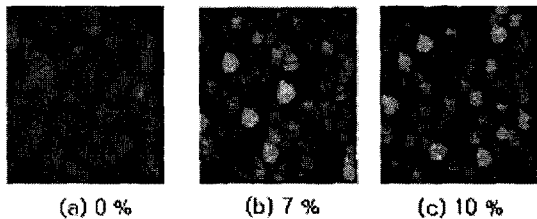


그림 3. 캐리어가스 농도에 따른 3C-SiC 박막의 AFM 사진

그림 4는 3C-SiC박막의 캐리어가스(H₂)농도에 따른 탄성계수를 나타낸다. 여기서 H₂농도가 0%, 7%, 10%일 때, 박막의 탄성계수는 각각 276 GPa, 304 GPa, 367 GPa이다. H₂농도가 0%와 7%사이에서는 탄성계수 값이 완만하게 커지다가, 7%에서 10%구간에서 급하게 증가함을 알 수 있다.

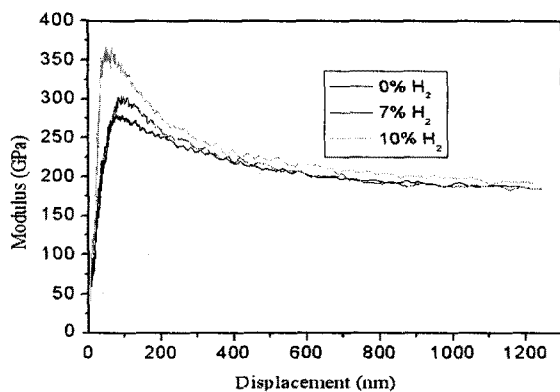


그림 4. 캐리어가스 농도에 따른 3C-SiC 박막의 탄성계수

그림 5는 3C-SiC박막의 캐리어가스 농도에 따른 경도를 나타낸다. 여기서, H₂농도가 0%, 7%, 10%일 때, 기계적 마모에 영향을 주는 박막의 경도는 각각 28.3GPa, 30.65GPa, 36GPa이다. H₂농도가 0%와 7%사이에서는 박막의 경도 값이 완만하게 커지다가, 7%에서 10%구간에서 급하게 증가함을 알 수 있다.

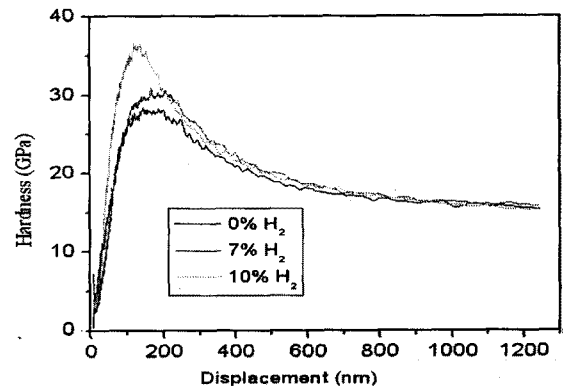


그림 5. 캐리어가스 농도에 따른 3C-SiC 박막의 경도.

4. 결론

본 연구에서는 나노압입법을 이용하여 기계적 성질인 탄성계수와 경도를 측정하였고, AFM사진을 분석하여 거칠기를 측정한 후, 캐리어가스(H₂)농도가 다결정 3C-SiC의 박막에 미치는 영향을 비교, 평가하였다. 기계적 성질인 탄성계수와 경도는 H₂농도가 7%~10% 구간에서 급하게 증가하는 반면에 H₂농도가 0%~7% 구간에서는 덜 민감하게 증가함을 확인하였고, 또한 표면 거칠기는 이와는 반대로 H₂농도가 0%~7% 영역에서는 급속하게 향상되다가 H₂농도가 7%~10% 구간에서는 차이가 미소함을 알 수 있었다.

따라서, 박막의 성장시 H₂가스농도를 제어해 줌으로써 극한환경, RF 그리고 바이오용 등 다양한 MEMS분야의 용도에 적합한 고품질의 다결정3C-SiC박막 개발이 기대된다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업과 R&D 클러스터사업 연구결과로 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] J. A. Powell and L. G. Matus: in Proc. 1st Int. Conf. Amorphous and crystalline Silicon Carbide and Related Materials, West Germany, p. 2, 1989
- [2] K. M. Jackson, J. Dunning and A. Zorman: Journal of micro electro mechanical systems Vol. 14, p. 664, 2005
- [3] S. Nishino, J. A. Powell and H. A. Will: Appl. Phys. Lett. Vol. 42, p. 460, 1983
- [4] J. A. Powell, Neudeck, L.G. Matus and J. B. Petit: in Mat. Soc. Symp. Proc. Vol. 242, p. 495, 1992