수소 분위기가 다결정 3C-SiC 박막의 특성에 미치는 영향

김강산, 정귀상
울산대학교

Effects hydrogen ambients on the characteristics of poly-crystalline 3C-SiC thin films

Kang-San Kim, Gwiy-Sang Chung
University of Ulsan.

Abstract : Growth of cubic SiC has been carried out on oxided Si substrate using atmospheric pressure chemical vapor deposition (APCVD). Hexamethyldisilane (HMDS) was used as the single precursor and nonflammable mixture of Ar and H_2 was used as carrier gas. Epitaxial growth had performed depositions under the various H_2 conditions which were adjusted from 0 to 100 sccm. The effects of H_2 was characterized by surface roughness, thickness uniformity, films quality and elastic modulus. Thickness uniformity and films quality were performed by SEM. Surface roughness and elastic modulus were investigated by AFM and Nano-indentor, respectively. According to the H_2 flow rate, poly 3C-SiC thin film quality was improved not only physical but also mechanical properties.

Key Words : Poly 3C-SiC, HMDS, APCVD, M/NEMS

1. 서 론

SiC는 Si에 비해 밴드갭이 2~3배 이상 높고 열전도도가 3배가량 뛰어나 높은 한계 온도를 가지며 화학적 안정성과 내부식성, 내산화성이 매우 양호하기 때문에 극한 환경에서도 사용이 가능하여 SiC-M/NEMS에 대한 관심이 증대되고 있다.

또한, 3C-SiC는 벌크형태로 성장되는 4H-, 6H-SiC와는 달리, Si기판 혹은 절연막 위에 이종결정성장이 가능하다. 이러한 결정 구조는 박막의 두께제어가 쉽고 기판의 식각을 통한 3C-SiC 미세구조물 제작이 용이하며 박막의 뛰어난 기계적 특성으로 인해 마이크로 나노 캔틸레버, 공진기 등의 RF, 바이오용 M/NEMS로써 연구가 활발히 진행되고 있다. 일반적으로 SiC 박막의 성장에서 전구체의 분해를 돕는 H_2의 유량이 중요한데, 캐리어가스와 H_2가 1:1의 비율이 좋은 결과를 보이는 것으로 보고된바 있으나, H_2의 폭발 위험성으로 인해 주로 4%의 H_2를 사용하고 있다. 하지만 SiC 박막 성장에 H_2의 유량에 따른 영향은 거의 보고된바 없기 때문에 본 연구에서는 박막성장 기술의 측면에서 H_2의 유량에 따른 막질의 변화를 분석했다.

2. 실 험

본 연구에서는 산화막이 형성된 Si(100)기판에 다결정 3C-SiC를 성장했으며, 고순도 Ar을 캐리어가스로 사용하였고 H_2의 유량을 0~100 $sccm$으로 제어하며 성장을 수행했다. 전구체는 단일 전구체인 HMDS를 사용하였고, 성장온도는 1100°C, 시간은 30 min이였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 성장된 3C-SiC 박막 표면의 표면 거칠기를 H_2의 유량에 따라 분석한 그래프이다. H_2의 유량이 0~40에서 박막의 표면 거칠기가 가장 크게 향상되었지만, 40~100 에서는 큰 변화를 보이지 않았다.

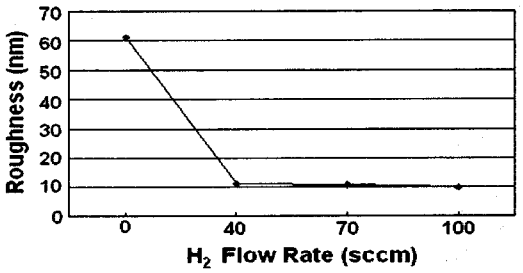


그림 1. H_2 유량에 따른 표면 거칠기의 변화.

H_2의 주입은 표면의 거칠기뿐만 아니라 성장률에도 영향을 줄 것 이라 판단하여 H_2의 주입량과 기판의 위치에 따른 두께를 분석했다. 그림 2는 기판 위치와 H_2 유량에 따른 박막의 두께 변화를 나타낸 것이다. 박막의 두께는 크게 up stream, center, down stream 세부분으로 나누어 SEM으로 측정하였다. H_2의 유량이 증가됨에 따라 up stream과 center 두께는 전체적으로 증가하였으나, down stream 쪽에서는 큰 차이를 보이지 않았다. H_2의 유량이 증가할수록 박막의 성장률의 증가와 함께 stream 위치에 따른 두께의 편차 또한 증가했다. 특히, 70 $sccm$의 H_2가 주입되었을 경우, up stream과 down stream의 두께차이는 약 0.42 ㎛로 가장 큰 차이를 보였다. H_2의 유량이 100 $sccm$인 경우에는 오히려 전체적인인 두께는 감소하였지만, stream 위치에 따른 두께의 편차 또한 감소하여 다른 유량에 비해 상대적으로 평탄한 두께 분포를 보였다.

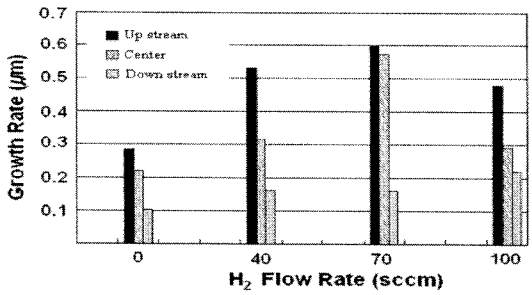


그림 2. H_2 유량에 따른 위치별 박막두께의 변화.

그림 3은 H_2의 유량 변화에 영향을 가장 많이 받은 up stream 부분을 H_2의 유량에 따른 박막의 밀도 확인을 위해 SEM으로 분석한 이미지들이다. H_2의 유입량이 0 $sccm$의 경우, 박막이 덩어리져 형성됨을 알 수 있으며 표면의 상태도 매우 거칠었다. 그러나, 이러한 현상은 H_2의 유량이 증가할수록 향상되었는데 특히, 70 $sccm$에서는 박막의 덩어리짐이 크게 감소했으며 100 $sccm$의 경우, 박막이 매우 균일한 밀도를 이루며 성장된 것을 알 수 있다.

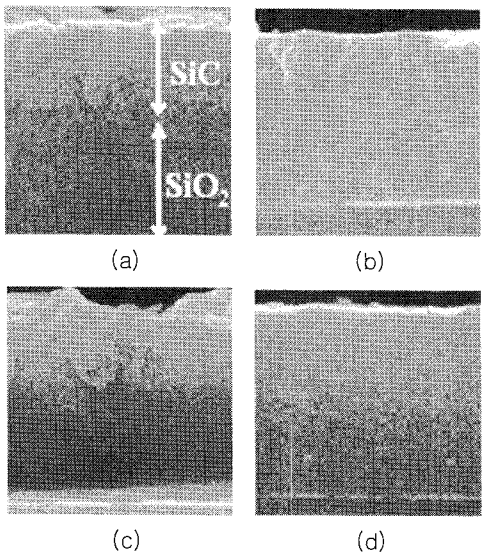
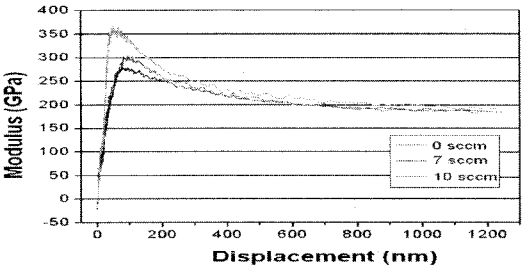


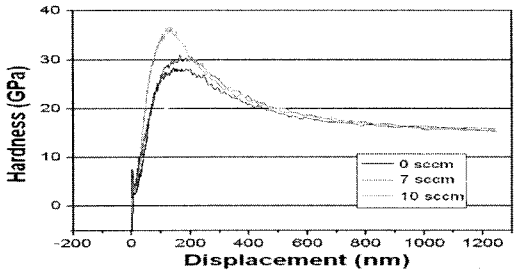
그림 3. H_2 유량에 따른 위치별 박막두께의 변화.

그림 4는 H_2의 유량에 따른 박막의 기계적 특성을 분석한 그래프이며, 박막의 탄성계수와 경도를 Nano-indentor를 통해 측정했다. 연속 강성 측정(Standard-CMS)방법을 통해 측정했으며, 각 시편당 9포인트의 지점에서 압입실험을 하여 평균을 구했다.

탄성계수와 경도는 H_2의 유량증가에 따라 향상되었고, 100 $sccm$에서 탄성계수와 경도는 각각 367 GPa, 36 GPa 로 측정되었다. 이 값은 Si의 탄성계수인 180 GPa와 경도인 8.3 GPa 에 비해 월등히 높은 수치이다.



(a)



(b)

그림 4. H_2 유량에 따른 박막의 기계적 특성변화.

4. 결 론

본 연구에서는 APCVD를 이용하여 다결정 3C-SiC의 박막을 H_2의 유량에 따라 분석했다. AFM을 통한 박막의 표면 평탄도는 H_2의 유량 40 $sccm$에서 크게 향상되었으며 100 $sccm$과는 큰 차이로 보이지 않았다. 하지만 기판 위치에 따른 두께의 분포와 SEM을 통한 막질을 고려할 때, H_2의 유량 100 $sccm$에서 우수한 막질을 얻을 수 있었다. 또한, 다결정 3C-SiC의 기계적 특성을 H_2의 유량에 따라 평가하였으며, 기계적 특성 역시 H_2의 유량 증가에 따라 향상되었다. 탄성계수와 경도는 각각 367 GPa, 36 GPa로 측정되었고, Si보다 높은 수치로 인해 RF-MEMS 및 SiC-MEMS 분야에 유용하게 적용될 것으로 기대된다.

감사의 글

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

참고 문헌

[1] P. M. Sarro, Sensors & Actuators A, Vol. 3, p. 210, 2000.

[2] Y. T. Yang, K. L. Ekinci, X. M. H. Huang, L. M. Schiavone, M. L. Roukes and M. Mehregany, Appl. Phys. Lett. Vol. 78, No. 2, p. 165, 2001.

[3] X. M. H. Huang, C. A. Zorman, M. M. Mehregany and M. L. Roukes, Nature. Vol. 421, p. 496, 2003.

[4] N. Nordell, S. Nishio, J. W. Yang, C. Jacob and P. pirouz, Appl. Phys. Lett. Vol. 64, No. 13, p. 28, 1994.