

CVD에 의한 균일한 다결정 3C-SiC 박막 결정 성장

윤규형, 정귀상*

울산대학교 전기전자정보시스템공학부

Crystal growth of uniform 3C-SiC thin films by CVD

Kyu-Hyung Yoon, Gwi-Sang Chung*

School of Electrical Eng., University of Ulsan

Abstract : The surface flatness of heteroepitaxially grown 3C-SiC thin films is a key factor affecting electronic and mechanical device applications. This paper describes the surface flatness of poly(polycrystalline) 3C-SiC thin films according to Ar flow rates and the geometric structures of reaction tube, respectively. The poly 3C-SiC thin film was deposited by APCVD (Atmospheric pressure chemical vapor deposition) at 1200°C using HMDS (Hexamethyldisilane : Si₂(CH₃)₆) as single precursor, and 1~10 slm Ar as the main flow gas. According to the increase of main carrier gas, surface fringes and flatness are improved. It shows the distribution of thickness is formed uniformly.

Key Words : CVD, Polycrystalline 3C-SiC

1. 서 론

최근 들어 SiC(Silicon Carbide)의 넓은 밴드갭(2.41 eV), 높은 파괴전압($5 \times 10^6 \text{ Vcm}^{-1}$), 포화 이동 속도($2 \times 10^7 \text{ cm/s}$), 고온에서의 안정성, 내방사성 등의 우수성이 확인됨에 따라 기존의 Si를 대체하여 고온, 고주파, 고출력용 전자 및 반도체 재료로서 3C-SiC의 적용에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

개발초기에 단결정 3C-SiC 박막의 적용에 관한 연구가 진행되었으나, 기판의 누설전류 등과 같이 반도체 및 전력용 소재로 부적합하기 때문에 발전에는 한계가 있었다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 화학 기상 증착(CVD: Chemical vapor deposition)에 의한 다결정(Polycrystalline) 3C-SiC 박막성장에 대한 연구가 시작되었다. 다결정 3C-SiC의 장점은 단결정에 비해 낮은 증착온도에 의한 스트레스 감소뿐만 아니라 SiC 박막과 기판과의 다층구조를 이용하여 누설전류차단 및 표면미세구조물 형성이 가능하기 때문이다.

일반적으로 CVD에 의한 Poly 3C-SiC 박막성장의 경우 크게 LP(Low pressure)와 AP(Atmospheric pressure)로 나뉜다. LP는 진공환경에서 평탄한 박막을 성장할 수 있으나 박막성장엔 있어 가스소모가 매우 크고, 진공 장비를 유지하는데 어려움이 있으며 증착률이 매우 낮은 단점이 있다. 반면, APCVD의 경우 증착률이 높고 장비구성이 상대적으로 간단하며 대면적 성장이 용이하다는 장점이 있다. 그러나 박막의 평탄도는 LP에 비해 상대적으로 낮은 편이다. 이종결정성장(heteroepitaxially grown)에 있어서 박막의 평탄도가 낮을 경우 표면의 거칠기가 증가하여 마이크로 구조물이나 공진기, 캔틸레버, 멤브레인 등으로 제작되었을 때, 소자의 성능을 저하시키는 원인이 된다. 특히, RF관련 분야에서는 박막의 거칠기에 따른 이득지수의 변화가 매우 심하기 때문에 평탄한 박막을 얻는 것이 대

단히 중요하다.

따라서, 본 연구에서는 Ar의 유량제어와 반응관 입구에 기하학적 구조물을 사용하여 기존의 APCVD의 높은 증착률을 유지하면서 박막 평탄도 개선의 연구를 하였다.

2. 실험

그림 1은 다결정 3C-SiC의 결정성장을 위한 유량과 온도 제어 프로파일이다. 본 연구에서는 산화막이 증착된 Si(100)기판 위에 다결정 3C-SiC를 성장했으며 고순도 아르곤을 캐리어가스로 사용하여 성장온도까지 가열후 HMDS 전구체를 주입하였다. 전구체의 반응성을 높이기 위해 고순도의 H₂를 주입했으며 가스의 유량은 각각 H₂: 100 sccm, HMDS: 0.5 sccm로 주입하였다. 1200°C에서 30분 동안 성장했으며 캐리어가스 유량에 따른 표면의 평탄도를 분석하기 위해 Ar을 1~10 slm 범위에서 제어하였다.

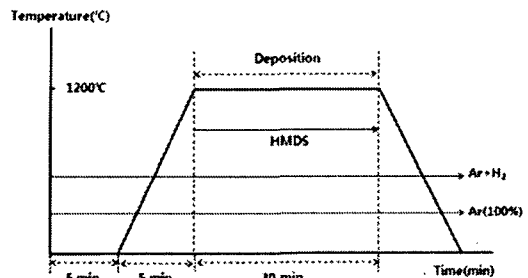


그림 1. 다결정 3C-SiC 결정성장을 위한 유량과 온도제어 프로파일.

그림 2는 반응관 중심의 빠른 유속을 제어하기위해 측연으로 제작한 기하학적 구조물이다. 구조물을 반응관 입구에 설치하여 구조물이 있을 때 성장된 다결정 3C-SiC 박막과 구조물이 없을 때 성장한 박막과의 비교를 통해

구조물이 균일한 박막 성장에 미치는 영향을 비교하였다.

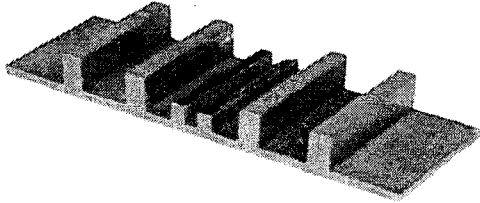


그림 2. 반응관 내의 유속제어를 위한 흑연 구조물.

3. 결과 및 검토

그림 3은 캐리어가스 Ar의 유량변화에 따른 다결정 3C-SiC 박막의 프린지 사진이다. 일반적으로 두께차이를 나타내는 프린지는 가스가 주입되는 윗부분에서 조밀하게 형성되고 가스가 배기되는 뒷부분에서 넓게 형성되어 박막에 두께차이를 발생시킨다. 그러나 사진에서 나타나듯이 Ar의 유량을 1~10 slm으로 증가시켰을 때 동일한 색을 가지는 프린지 영역이 늘어남을 확인할 수 있다. 이 같은 현상은 Ar의 유량이 증가함에 따라 유체와 고체표면 사이의 boundary layer가 낮아져서 보다 넓은 영역에 걸쳐 균일한 박막을 형성함을 나타낸다.

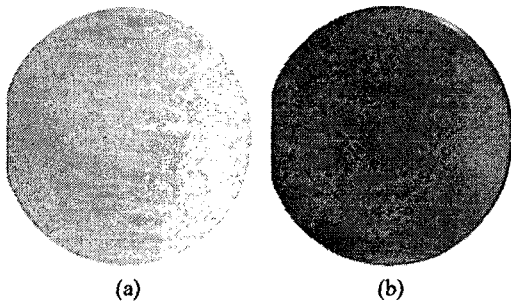


그림 3. Ar 유량에 따른 다결정 3C-SiC 박막의 표면 균일성; (a) 1 slm, (b) 10 slm.

그림 4는 동일한 성장조건에서 구조물을 사용하였을 때 $4 \times 6 \text{ cm}^2$ 면적의 Si 기판에 증착한 다결정 3C-SiC의 프린지를 비교한 사진이다. 그림 3(a)는 어떠한 구조물 없이 Ar 유량이 10 slm일때 성장된 다결정 3C-SiC 박막으로, 균일한 색을 가지는 프린지 영역이 그다지 넓지 않았다. 그림 3(b)는 반응관 입구에 구조물을 설치하였을 때 생성된 프린지 사진으로, 보다 넓은 면적의 균일한 프린지를 가지는 박막이 성장되었음을 확인할 수 있었다. 이는 구조물이 기판에 도달하는 가스의 유속을 일정하게 제어하여 박막의 평탄도를 향상시켰음을 나타낸다.

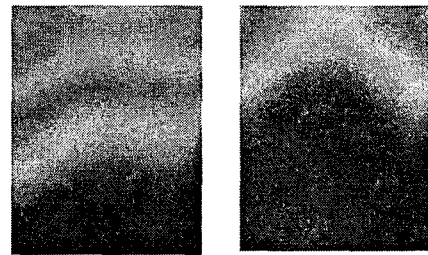
4. 결론

본 연구에서는 Ar의 유량제어와 기하학적 구조물을 사용하여 APCVD로 다결정 3C-SiC의 균일한 이중결정 성장에 관한 것이다. 다수캐리어 Ar의 유량이 1~10 slm으로 증가

함에 따라 보다 넓은 범위에 걸쳐 균일한 분포를 갖는 프린지가 형성되었다. 이것은 Ar유량이 증가함에 따라 유체와 고체표면사이의 boundary layer가 낮아져서 보다 넓은 영역에 걸쳐 균일한 박막을 형성한 것으로 사료된다.

또한, Ar유량을 10 slm으로 유지하고 반응관 입구에 기하학적 구조물을 사용한 실험에서는 보다 넓은 면적의 균일한 프린지를 가지는 박막을 형성 하였다. 이는 중심부가 조밀한 흑연 구조물이 반응관 중심부의 빠른 유속을 제어하여 박막의 평탄도를 향상시킨 것으로 사료된다.

이러한 Ar의 유량제어와 구조물에 의한 유속제어를 통해 APCVD로 높은 증착률과 균일한 박막 특성을 가지는 결정성 성장을 가능케 할 뿐만 아니라 앞으로 공진기, 캔틸레버, 멤브레인, RF용 M/NEMS 분야 등 높은 박막 평탄 특성을 요구하는 분야에 유용하게 사용될 것으로 기대된다.



(a) (b)

그림 4. 기하학적 구조물 여부에 따른 다결정 3C-SiC 박막의 표면 균일성; (a) 구조물 사용 안한 경우와 (b) 구조물 사용한 경우.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역 혁신인력양성사업 및 2006년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구결과임(KRF-2006-D00177).

참고 문헌

- [1] G. Kotzar, M. Freas, P. Abel, A. Fleischman, S. Roy, C. Zorman, J. M. Moran, and J. Melzak, *Biomaterials*, Vol. 23, p. 2737, 2002.
- [2] K. L. Ekinc and Roukes, *Rev. Sci. Instrum.*, Vol. 76, p. 061101, 2005.
- [3] X. M. H. Huang, X. L. Feng, C. A. Zorman, M. Mehregany and M. L. Roukes, *New J. Phys.*, Vol. 7, p. 247, 2005.
- [4] X. A. Fu, C. A. Zorman, and M. Mehregany, *J. of the Electrochem. Soc.*, Vol. 151, p. G910, 2004.