

[I~16]

단일 선구 물질을 이용한 탄화규소 막의 적층 성장

유근삼 · 이경원 · 김윤수

한국화학연구소 무기소재연구부 박막재료팀

1. 서론

탄화규소(SiC)는 띠틈간격(2.2-2.9 eV)이 크고 열적 화학적으로 매우 안정한 공유결합성 화합물이고 전자이동도($1000 \text{ cm}^2/\text{v.s}$)가 크고 포화 흐름 속도($2.7 \times 10^7 \text{ cm/s}$)가 빨라서 고온, 고속, 대전력용 전자 재료로 쓰일 것이 기대되는 물질이다. SiC 분말을 원료로 써서 SiC 단결정을 바로 키우려면 $2000 \text{ }^\circ\text{C}$ 이상으로 가열하여야 하므로 큰 규모로 응용하려면 이미 반도체로 상용화가 되어 있는 Si 단결정에 SiC 단결정막을 성장시키는 것이 유리하다. SiC 박막을 화학 증착하는 데 흔히 Si의 원료로 실란(SiH_4)을 탄소의 원료로 메탄이나 프로판 등을 썼다. 이 방법을 이용하여 Si 기질 위에 SiC를 화학 증착하기 위해서는 Si(111) 기질은 $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ 이상으로 Si(001) 기질은 $1000\text{-}1300 \text{ }^\circ\text{C}$ 이상으로 가열해야만 했다.

본 연구에서는 탄소와 규소가 1:1의 비율로 포함된 단일 선구물질인 1,3-disilabutane을 사용하여 $900\text{-}1000 \text{ }^\circ\text{C}$ 의 온도 영역에서 Si(001)기질 위에 SiC 단결정 박막을 성장시켰다.

2. 실험 방법

본 실험을 수행한 실험 장치에는 RHEED(reflection high energy electron diffraction)를 부착하여 증착을 행하기 전에 Si 기질의 깨끗한 표면구조와 증착실험을 수행하면서 시간에 따른 구조의 변화를 실시간 분석을 하였고, 실험을 할 때 진공 용기내에 존재하는 기체의 종류와 양을 알 수 있도록 QMA(quadrupole mass spectrometer)를 장착하였다. 실험에 사용한 프로판(99.5 %)과 1,3-디실라부탄은 고진공하에서 기체 수송관에 부착된 유리병에서 액체질소를 이용하여 얼린 다음 밸브를 열어 펌핑하고 밸브를 닫아 상온으로 올려 기체가 되면 다시 열려 진공으로 배기하는 과정을 여러 번 반복 수행하여 정제하였다. 기질로는 n형 Si(001) 단결정을 사용하였으며, Si 기질의 깨끗한 표면을 얻기 위하여 Ishizaka 및 Shiraki가 제안한 화학적 세정 방법에 따라 얇은 산화막을 기질 표면에 만든 후 시료를 진공 장치에 도입하고 진공 장치의 압력을 초고진공 (5×10^{-9} Torr) 영역까지 낮춘 다음 기질을 $650 \text{ }^\circ\text{C}$ 에서 5 시간 동안 예비 가열하고 증착실험을 하기 직전에 $950 \text{ }^\circ\text{C}$ 에서 15분동안 가열하여 산화막을 제거하였다. 이렇게 하여 얻은 Si(001)의 표면으로부터 깨끗한 표면 구조를 나타내는 2×1 RHEED 상을 관찰 할 수 있었다.

SiC와 Si 결정의 격자 상수 및 열팽창 계수의 차이를 최소화하기 위해 탄화 과정을 통해 계면에 얇은 완충층을 형성시킨 후 증착 실험을 하였다.

3. 결과 및 결론

그림 1은 950 °C에서 Si(001) 기질 위에 단일 선구 물질인 1,3-disilabutane을 사용하여 4 시간 성장시킨 SiC 박막으로부터 얻은 RHEED 상인데, 이것은 입방구조를 가지는 3C-SiC의 전형적인 회절상을 보여준다. 그림 2는 같은 SiC 박막의 표면을 주사 전자 현미경을 이용하여 2만배로 관찰한 것인데 표면이 평탄하게 성장함을 알 수 있었다. 그림 3은 같은 박막의 X선 회절 스펙트럼이다. 그림에서 보이는 것과 같이 기질에 기인한 봉우리들 이외로는 2θ 값 41.4° 에서 입방 구조를 가지는 SiC(002)에 기인한 한 개의 뚜렷한 봉우리만을 보이는데 이것으로 3C-SiC의 박막이 단결정으로 성장하였음을 알 수 있었다.

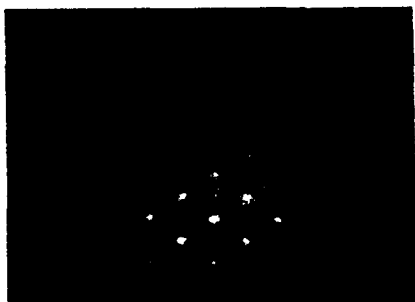


Fig. 1. RHEED pattern of a 3C-SiC layer formed on a carbonized Si(001) substrate.

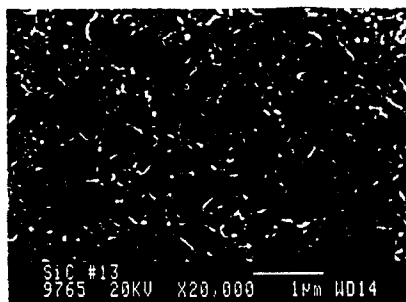


Fig. 2. SEM image of the film formed at 950°C on a carbonized Si(001) substrate.

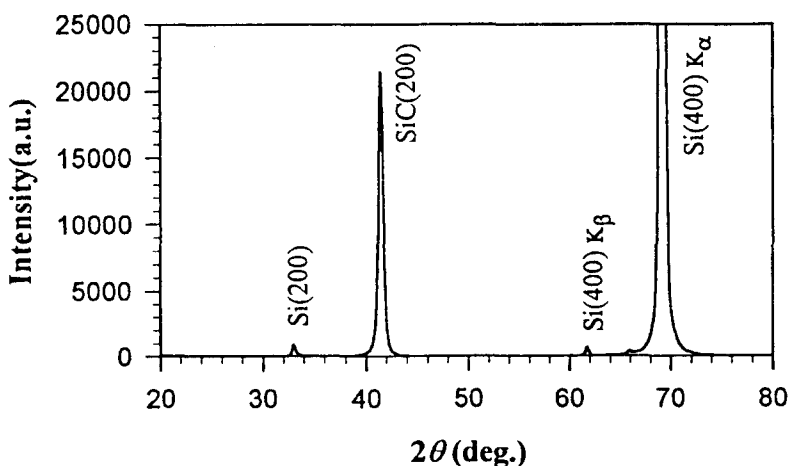


Fig. 3. XRD pattern of the film formed at 950°C on a carbonized Si(001) substrate.