

수소와 CVD 다이아몬드의 상호 작용

김재영, 이지화
서울대학교 공업화학과

1. 서론

다이아몬드는 기계적, 열적, 전기적, 광학적 성질 등에서 복합적인 장점을 가지고 있다. 근래에 기상에서 다이아몬드 박막을 합성하는 CVD 방법에 대해 활발히 연구가 진행되고 있는데 여기에는 과량의 수소 원자의 존재가 필수적이다. 수소 원자는, 다이아몬드 상과 함께 증착되는 비다이아몬드 상을 선택적으로 식각하여 표면에 다이아몬드가 상대적으로 많이 존재하게 하여 주고, 기상 반응을 통해 활성종의 생성을 촉진시켜 증착 속도를 증가시키고, 증착물 표면의 sp^3 결합 구조를 유지시켜 흑연의 생성을 억제하는 역할을 한다고 알려져 있다. 본 실험에서는 TPD 및 표면 반응 관찰을 통해 수소와 CVD 다이아몬드 표면과의 상호 작용을 알아보았으며, 그 결과를 다이아몬드 CVD에서 수소 원자의 역할과 관련지어 고찰해 보았다.

2. 실험

Hot filament-assisted CVD 방법을 통해 Si(100) 기판 위에 다이아몬드 박막을 증착시켰다. 초고진공(base pressure $\approx 2 \times 10^{-10}$ Torr) 하에서, 증착된 기판에 D 원자를 흡착시킨 후 TPD를 하여 탈착 및 반응 생성물을 관찰하였다. 그리고, 기판에 D 원자를 계속 주입하는 동시에 QMS로 기판 온도에 따른 기판과 D 원자간의 반응 생성물을 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

증착된 다이아몬드 박막은 SEM 및 XRD를 통해 전형적인 다이아몬드 결정 모양이 확인되었으며 TPD 전후의 SEM, XRD는 아무런 차이를 보이지 않았다. D_2 분자 상태로 기판에 흡착시켰을 때 열탈착시 아무런 탈착물도 발견되지 않았으며, D 원자를 흡착시켜 TPD한 결과 $D_2(m/e=4)$ 및 $CD_4(m/e=20)$ 가 관찰되었고 다른 생성물은 관찰되지 않았다. Fig.1에 D_2 와 CD_4 의 열탈착 스펙트럼을 나타내었다. D_2 는 900K와 1200K에서 최고 탈착 속도를 갖는 두 피크를 이루며 탈착하였으며, CD_4 는 850K에서 최고 탈착 속도를 보이며 하나의 피크로 탈착하였다. 다이아몬드가 증착된 기판에 D 원자를 주입하면서 동시에 반응 생성물을 QMS로 살펴본 결과 CD_4 와 C_2D_2 가 관찰되었다. CD_4 는 상온 이상에서 온도가 증가함에 따라 생성 속도가 계속 증가하였으며, C_2D_2 는 1200K까지는 생성 속도가 일정하다가 그 이상의 온도에서는 온도가 증가함에 따라 생성 속도가 급격히 증가하였다.

본 실험의 결과를 이미 알려져 있는 천연 다이아몬드 및 흑연의 TPD 결과와 비교해 볼 때, 본 CVD 다이아몬드에는 상당량의 비다이아몬드 상이 포함되어 있음을 알 수 있다. 한편 D_2 의 열탈착 온도로부터, CVD 방법에 의해 다이아몬드 박막을 성장시킬 때 1200K 부근의 온도에서 결정성이 가장 좋은 다이아몬드 박막이

형성됨을 추론할 수 있다. 이는 다이아몬드 성장중 정상 상태에서의 표면의 수소 농도 관점에서 설명이 가능하다. D 원자와 증착된 기판과의 반응으로 생긴 CD_4 및 C_2D_2 는 비다이아몬드 상이 D 원자와 반응한 것으로 보이며 이는 수소 원자가 비다이아몬드 상을 선택적으로 식각함을 말하여 준다.

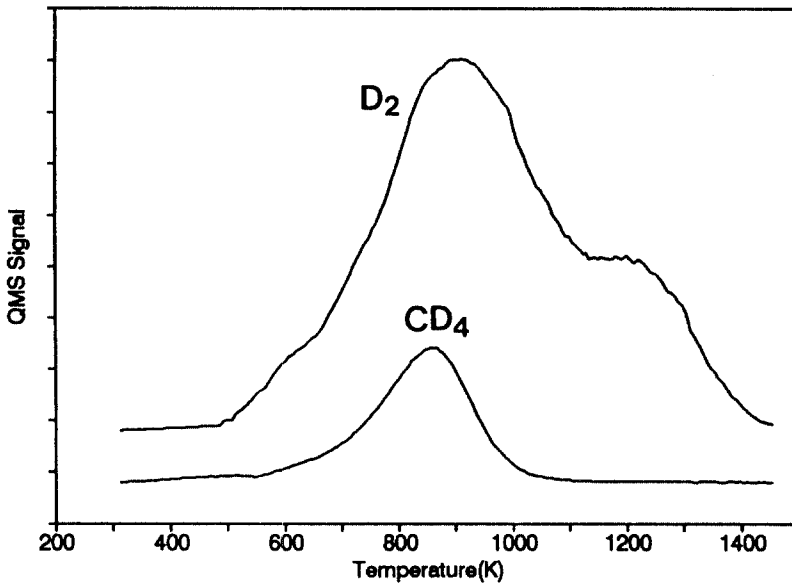


Fig. 1. Thermal desorption spectra from CVD diamond surface exposed to D atoms produced by the tungsten filament (dosing pressure : 2.0×10^{-7} Torr of D_2 , dosing time : 10 min).